





Presented by
W. A. Turner



v. Bechterew, Leitungsbahnen.

Die

Leitungsbahnen

im

Gehirn und Rückenmark.

Von

W. von Bechterew,
o. ö. Professor an der Universität Kasan.

Mit 16 Textabbildungen und einer lithographischen Tafel.

Übersetzt unter Mitwirkung des Verfassers
von
Doctorand **J. Weinberg** in **Jurjew-Dorpat.**



Leipzig
Verlag von Eduard Besold (Arthur Georgi)
1894.

Prof. **P. Flechsig,**

Direktor der Psychiatrischen Klinik zu Leipzig,

widmet sein Werk

in grösster Hochachtung

der Verfasser.

Inhaltsübersicht.

Vorrede zur deutschen Ausgabe.

Meine bescheidene Arbeit erscheint hiermit in deutscher Übersetzung und soll somit der Nation, welche auf dem Gebiete der Anatomie des Nervensystems mehr als jede andere das Recht hat, über errungene Erfolge stolz zu sein, zugänglich werden. Mich berührt diese mir zugefallene Ehre besonders wohlthuend, weil das vorliegende Werk in gewisser Hinsicht seine Entstehung den Beschäftigungen mit der Anatomie des Nervensystems, welchen ich im Verlaufe von 1884 und 1885 in einem der hervorragenden wissenschaftlichen Centra Deutschlands, in Leipzig, oblag, verdankt. Thatsächlich habe ich wohl schon viel früher, als Arzt an der Klinik für Geisteskranke in Petersburg, angefangen, mich mit der Anatomie des Nervensystems zu beschäftigen, jedoch erst die in Leipzig, im Laboratorium von Professor P. Flechsig, von mir ausgeführten wissenschaftlichen Untersuchungen haben gleichsam den Anstoss zu meinen ferneren, bis auf die Gegenwart ununterbrochenen Forschungen auf dem Gebiete der Anatomie des Nervensystems gegeben. In Anbetracht dessen ist auch die vorliegende Arbeit meinem hochverehrten Lehrer, Professor P. Flechsig, in der wissenschaftlichen Welt rühmlichst durch die Einführung der entwickelungsgeschichtlichen Methode bei der Erforschung der Anatomie des Nervensystems und durch eine ganze Reihe von ihm

selbst und seinen Schülern nach dieser Methode vollführten Untersuchungen bekannt, gewidmet.

Um auf meine Arbeit zurückzukommen, muss ich dem Leser von vorn herein gleich mitteilen, dass ich mir die Aufgabe gestellt hatte, durch dieses Werk eine möglichst gedrängte Darstellung der zur Zeit vorhandenen Erfahrungen über die Leitungsbahnen des Hirns zu geben. Infolgedessen sind alle Einzelheiten über die äussere Form dieser oder jener Hirnbezirke und ebenso über die topographischen Beziehungen derselben zu einander von mir mit Stillschweigen übergangen, weil ich das als dem Leser aus anderen Werken über die Anatomie des Nervensystems mehr oder weniger bekannt voraussetzen konnte. Dagegen fand ich es für notwendig, an verschiedenen Stellen die physiologischen Thatsachen, so weit sie die Bedeutung dieser oder jener Leitungsbahnen erläutern und überhaupt in irgend welcher näheren Beziehung zu der uns interessierenden Frage stehen, wenn auch in ganz allgemein gehaltenen Zügen zu berücksichtigen.

Mir ist sehr wohl bewusst, dass die Zeit zu einer mehr oder weniger erschöpfenden Darstellung, zur Aufführung eines alle Untersuchungen über die Leitungsbahnen umfassenden Gebäudes noch nicht gekommen ist. Nichtsdestoweniger bin ich aber überzeugt, dass wahrscheinlich jeder sich mit der Anatomie des Nervensystems beschäftigende ein besonderes Bedürfnis nach einem Werke, das den gegenwärtigen Stand der Frage über die Leitungsbahnen des Hirns und mindestens den grössten Teil der in dieser Hinsicht bekannten Thatsachen giebt, gefühlt hat. Dieses Bedürfnis hat das vorliegende Werk im Auge gehabt; sein Ziel ist, den allgemeinen Bauplan des Nervensystems und das Schema der inneren Verbindungen des Hirns, folglich auch die Beziehungen seiner einzelnen Teile zu einander vorzuführen. In welchem Masse dieses Ziel erreicht worden ist, muss natürlich dem Leser selbst zu beurteilen überlassen bleiben. Ich wäre schon ganz zufrieden, wenn meine Arbeit, die natürlich auch ihre schwachen Seiten hat, für diejenigen, welche mit dem gegenwärtigen Stande der in der neuesten Neuropathologie eine so ansehnliche Rolle spielenden Frage über die Leitungsbahnen des Hirns

eine nähere Bekanntschaft zu machen wünschen, nicht so ganz nutzlos sich erweisen wird.

Kasan, August 1893.

W. v. Bechterew.

Begleitwort zu v. Bechterew's Leitungsbahnen.

Es bleibt mir übrig, den obigen Ausführungen meines Herrn Kollegen ein kurzes Begleitwort beizufügen. Schon meiner eigenen besseren Orientierung wegen hatte ich den Wunsch zu verwirklichen gesucht, das grosse russische Sammelwerk der Histologie von Lawdowsky-Owsjannikow in deutscher Übertragung vor mir zu haben; dieser Plan aber musste aufgegeben werden. So war ich denn bestrebt, wenigstens die in jenem Werke zuerst veröffentlichten Leitungsbahnen von Prof. v. Bechterew, von welchen ich wusste, dass sie viel wichtiges enthielten, in deutscher Ausgabe zu veröffentlichen. Einer unserer hiesigen Doctoranden, welcher die russische und deutsche Sprache gleich gut beherrscht, kam meinem Wunsche gern entgegen; wir freuen uns beide, dem deutschen gelehrten Publikum das interessante Werk nunmehr vorlegen zu können.

Jurjew-Dorpat.

A. Rauber.

Vorrede zur russischen Ausgabe.

Mein in den „Grundzügen der mikroskopischen Anatomie des Menschen und der Tiere", herausgegeben von M. Lawdowsky und F. Owsjannikow 1877—1878, erschienenes Kapitel über die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark ist bei uns in Russland, aber auch im Ausland, nicht ohne Beachtung geblieben. Dafür sprechen mehrfache an mich

ergangene Vorschläge, meine Arbeit in fremdländische Sprachen zu übersetzen.

Allein die Zeit, die allen Dingen ihren Stempel aufdrückt, geht bekanntlich auch an Arbeiten wissenschaftlichen Inhaltes nicht spurlos vorüber. Schon aus diesem Grunde erschien, wollte ich meine Zustimmung zur Herausgabe einer Übersetzung geben, eine Neubearbeitung des genannten Kapitels geboten. Letzterem Umstande soll das vorliegende Werk Rechnung tragen.

Als ich an eine Umarbeitung meiner Abhandlung schritt, musste nicht allein die gesammte neuere Litteratur über die Leitungsbahnen im Centralnervensystem gesichtet werden; vielmehr heischte eine ganze Reihe erst in jüngster Zeit aufgetretener Fragen eine vollständige Neubearbeitung: eine keineswegs leichte, nur mit Aufwand von sehr viel Zeit und Mühe zu bewältigende Aufgabe.

Indessen angesichts der grossen Wichtigkeit, welche die Kenntnis der Leitungsbahnen für diejenigen in sich birgt, die mit dem Studium der Funktionen bezw. der krankhaften Störungen im Bereiche des Centralnervensystems sich befassen, erscheint jede, auch die schwerste Arbeit verlockend und lohnend, wenn sie ihr Ziel: die Verbreitung von Kenntnissen auf diesem Gebiete zu erleichtern, mehr oder minder vollständig erreicht.

In welchem Masse vorstehende Arbeit der Verwirklichung ihrer ersten und wesentlichsten Aufgabe: in kurzer Fassung die wichtigsten Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark zu schildern und so denjenigen, die mit der Gehirnanatomie schon einigermassen vertraut sind, das Verständnis der gegenseitigen Beziehungen der im Centralnervensystem angehäuften Massen grauer Substanz zu erleichtern, — nahegekommen ist, darüber muss ich mich jedes Urteils enthalten. Ich habe die Genugthuung, nach dieser Richtung hin keine Mühe gescheut zu haben.

Kasan, August 1892.

W. v. Bechterew.

I. Kapitel.

Einleitung.

Die Untersuchungsmethoden des Faserverlaufes im Centralnervensystem.

Das Centralorgan des Nervensystems besteht, abgesehen von dem Stützgewebe, der Neuroglia, stellenweise auftretenden Bindegewebszellen, die Hirnhöhlen auskleidenden epithelialen Elementen und die Gehirnsubstanz ernährenden Gefässen, aus zweierlei Arten nervöser Bildungen: 1) Nervenzellen (Ganglienzellen) und 2) Nervenfasern.

Die Nervenzellen finden sich meist mehr oder weniger dicht angehäuft und bilden den Hauptbestandteil der einzelnen Nester grauer Substanz bezw. der Hirnkerne. Nur stellenweise sind Nervenzellen innerhalb weisser Substanz zerstreut anzutreffen, wodurch es zur Bildung jener zerstreuten grauen Substanz kommt, der wir z. B in der Formatio reticularis begegnen.

Die Nervenfasern treten entweder zerstreut innerhalb der grauen Substanz auf, oder sind zu Bündeln gefügt, welche kürzere oder längere Strecken im Rückenmark und Gehirn zurücklegen, um einerseits die einzelnen Zellelemente dieses oder jenes Teiles der grauen Substanz mit einander, andererseits aber auch mit solchen entfernterer Gebiete des Centralnervensystems, und endlich mit dem peripheren Nervensystem zu verbinden.

Die Anatomie des Centralnervensystems beschränkt sich nicht etwa auf eine Beschreibung der topographischen Lagerung der grauen und weissen Substanz und des inneren Baues der letzteren, vielmehr ist es ihre Aufgabe, die Beziehungen, welche innerhalb des Centralorgans zwischen den einzelnen Nestern grauer Substanz bestehen, möglichst vollständig klarzulegen.

Allein zur Lösung dieser wichtigen Aufgabe reichen die gewöhnlichen Methoden der histologischen Untersuchung, trotz aller Fortschritte der modernen mikroskopischen Technik, bei weitem nicht aus; wir begegnen nicht selten unüberwindlichen Schwierigkeiten, teils infolge des sich überallhin gleichbleibenden Aussehens der Nervenfasern, teils infolge des Umstandes, dass innerhalb des Rückenmarkes und Gehirns die einzelnen Faserbündel sich dicht an einander legen, nicht selten durch Verflechtung einzelner Fasern mit einander sich vermischen, ja an einzelnen Stellen sogar wirkliche Kreuzungen eingehen.

Aus diesen Gründen ist die alte Abfaserungsmethode, welche behufs Erforschung des Zusammenhanges der Teile des Centralnervensystems die weisse Substanz des erhärteten Gehirns methodisch in einzelne Bündel oder Systeme zerlegte, notgedrungen ganz verlassen worden. Statt dessen haben sich zu einer hervorragenden wissenschaftlichen Bedeutung ganz specielle Methoden aufgeschwungen, von denen wir hier die folgenden anführen:

I) Die vergleichende Methode der fortlaufenden Schnittreihen, die zuerst von Stilling systematisch geübt wurde.

Der zu untersuchende Teil wird nach dieser Methode in eine fortlaufende Reihe zur mikroskopischen Untersuchung geeigneter Schnitte zerlegt. Die topographische Verteilung der Nervenzellengruppen und Nervenfaserbündel auf jedem einzelnen Schnitt und der Vergleich verschiedener Serienschnitte mit einander giebt uns in vielen Fällen die Möglichkeit an die Hand, den Verlauf bestimmter Faserbündel oder Fasersysteme und den Zusammenhang der

letzteren mit bestimmten Gebieten grauer Substanz zu verfolgen. Ferner lassen sich durch Messung des Querschnittes verschiedener Fasersysteme an Schnitten aus verschiedener Höhe (Stilling) die Beziehungen der gemessenen Faserbündel zu bestimmten Formationen feststellen.

Diese Methode, deren praktische Handhabung erst durch die Erfindung des Mikrotoms ermöglicht war, versagt jedoch in jenen Fällen, wo die Faserbündel sich dicht mit einander verflechten, oder wo die Nervenfasern, anstatt zu abgegrenzten Bündeln zusammenzutreten, nach verschiedenen Richtungen hin auseinandergehen. Dafür bietet sie in Kombination mit anderen Untersuchungsmethoden den Vorteil, dass die Präparate an Klarheit und Anschaulichkeit sehr viel gewinnen.

II) Behandlung der Präparate mit Farbstoffen.

Diese Methode, von Gerlach durch die Einführung des Karmins in die Histologie des Nervensystems angebahnt, basiert auf dem Prinzipe, dass gewisse chemische Reagentien und Farbstoffe nur auf ganz bestimmte Gewebsformationen (Nervenfasern und Nervenzellen) einwirken, die anderen Gewebsbestandteile hingegen entweder gar nicht oder in relativ bedeutend schwächerem Masse beeinflussen.

Die Histologie des Nervensystems gebietet gegenwärtig über ein ganzes Arsenal von Farbstoffen, die alle für den einen oder den anderen speciellen Zweck mehr oder weniger leistungsfähig sind. Für das Studium des Faserverlaufes jedoch kommen, ausser dem üblichen Karmin und Pikrokarmin, nur noch folgende zwei Methoden besonders in Betracht: 1) das Färben der Schnitte mit Goldpräparaten und 2) mit Hämatoxylin nach Weigert, oder die verschiedenen Modifikationen dieses Verfahrens, z. B. nach Pahl.

Die genannten Färbungsmethoden, unter denen der letzteren, d. h. der Hämatoxilinmethode zweifellos der erste Rang gebührt, leisten besonders bei der Untersuchung des Faserverlaufes innerhalb der grauen Substanz des Rückenmarkes und Gehirnes unschätzbare Dienste.

Eine grössere Bedeutung für die Histologie des Centralnervensystems erlangte neuerdings die Methode der Versilberung nach Golgi. Sie gewährt den besten Einblick in die Beziehungen der Nervenzellen zu den Nervenfasern und lässt uns Verbindungen erkennen, die bei anderen Färbungsmethoden nicht mit genügender Deutlichkeit hervortreten.

III) Die vergleichend-anatomische Methode, die von Meynert und seinen Nachfolgern bearbeitet wurde.

Diese Methode hat bereits in zahlreiche, auf den gegenseitigen Zusammenhang centraler Gebiete des Nervensystems sich beziehende Fragen Klarheit gebracht.

Sie geht von der Thatsache aus, dass bei verschiedenen Tieren die Ausbildung peripherer Organe proportional ist der Entwickelung derjenigen centralen Apparate, in welchen die den ersteren zugehörigen Leitungsapparate enden. An der Hand der vergleichend-anatomischen Untersuchung wird also der gegenseitige Zusammenhang einzelner Teile des Nervensystems aus der relativen Ausbildung der letzteren bei differenten Tierspecies erschlossen.

Aber noch in einer weiteren Beziehung hat sich die vergleichend-anatomische Forschung sehr fruchtbringend erwiesen: das Studium der relativ einfachen Architektur von Gehirnteilen niederer Tiere erleichtert uns sehr wesentlich das Verständnis des Baues dieser Organe bei den höheren Wirbeltieren.

IV) Die embryologische oder **entwickelungsgeschichtliche Methode**, die zur Erforschung der Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark von Flechsig und seinen Schülern mit grossem Erfolge verwertet worden ist.

Sie basirt auf der Thatsache, dass die Nervenfasern verschiedener Teile des Centralnervensystems zu sehr verschiedenen Zeiten der embryonalen Entwickelung ihr Nervenmark erhalten. Die Markscheidenbildung schreitet, wie sich des weiteren gezeigt hat, nach ganz bestimmten Fasersystemen und Faserbündeln fort. Im Allge-

meinen lassen sich die verschiedenen Teile des Nervensystems nach der Zeitfolge der Markscheidenbildung in folgende Reihe bringen:

Am allerfrühesten erhalten ihr Nervenmark ein Teil der Fasern der peripheren Nervenstämme und die Reflexbahnen des Rückenmarkes und der Medulla oblongata; darauf folgen die Fasern des Kleinhirns; weiter diejenigen Fasern, welche die Rinde der Hirnhemisphären mit der grauen Substanz des Rückenmarkes und des Hirnstammes verbinden; endlich die im Gebiete der Grosshirnhemisphären liegenden Fasern. Von allen Fasern des Centralnervensystems überhaupt, und der Hirnhemisphären im besonderen, tritt die Markscheidenbildung der Associationsfasern der Hirnrinde am spätesten auf.

Wir finden demnach bei der Untersuchung des fötalen oder kindlichen Centralorgans verschiedener Altersperioden, dass gewisse Fasern bereits eine Markscheide besitzen, andere dagegen des Markes noch ganz entbehren. Da nun die markhaltigen Fasern mikroskopisch den marklosen gegenüber sehr sinnfällige Unterschiede dar bieten, so haben wir in der Untersuchung des Nervensystems zu verschiedenen Perioden der embryonalen Entwickelung ein Mittel, dieses oder jenes Fasersystem von allen übrigen scharf zu sondern. Da aber ferner die Entwickelung der verschiedenen Fasersysteme zweifellos in einem Abhängigkeitsverhältnis zu der Entwickelung derjenigen centralen Apparate steht, in welchen die ersteren enden, so gestattet uns diese Methode auch, Schlüsse auf die Entwickelung bestimmter Hirncentra zu ziehen.

Die entwickelungsgeschichtliche Untersuchung hat noch den Vorzug, dass sie für das Studium fast aller Teile des Centralnervensystems mehr oder weniger verwertbar ist. Dies gilt insbesondere für gewisse, durch ungewöhnlich komplizierte Struktur ausgezeichnete Gebiete des Centralnervensystems, deren Untersuchung bei Anwendung anderer Methoden entweder keine, oder wenn überhaupt, so doch ganz ungenaue Resultate ergiebt.

Die embryologische Methode kann endlich in sehr vorteilhafter Weise mit der vergleichend-anatomischen Untersuchung kombiniert werden.

V) **Die Methode der Entwickelungshemmung oder Atrophie,** von Gudden und seinen Schülern systematisch durchgeführt, geht von der Erfahrung aus, dass gewisse Teile des Centralnervensystems auf einer unvollkommenen, meist fötalen Entwickelungsstufe stehen bleiben, oder ganz atrophisch werden, wenn die ihnen korrespondierenden Organe infolge ungünstiger, von Anbeginn des extra-uterinen Lebens das Individuum treffender Bedingungen ausser Funktion gesetzt sind. Analoge Entwickelungshemmungen centraler oder peripherer Organe finden sich im Gefolge von künstlich an jungen Tieren erzeugten[1] oder durch pathologische Prozesse in frühen Entwickelungsperioden hervorgerufenen Zerstörungen korrespondierender peripherer oder centraler Organe. Daraus ist ohne weiteres ersichtlich, dass wir an der Hand dieser Methode uns einen ganz genauen Aufschluss über den gegenseitigen Zusammenhang von Teilen des Nervensystems verschaffen können. Jedoch arbeitet — und daran ist festzuhalten — die Methode der Entwickelungshemmung nur dann genau, sofern sie positive Resultate ergiebt, d. h. wir dürfen auf einen Zusammenhang zweier Teile des Nervensystems nur dann mit Sicherheit schliessen, wenn nach Zerstörung des einen der andere atrophisch wird. Keinesfalls aber ist, wie das früher und von einigen Autoren noch jetzt geschieht, der umgekehrte Schluss gestattet, wenn nach Zerstörung des einen Teiles eine nennenswerte Atrophie des anderen Teiles aus irgend welchen Gründen ausbleibt.

VI) Hieran schliesst sich eine weitere **Untersuchungsmethode** an, welche die **angeborenen Entwickelungshemmungen** und **Missbildungen** im Bereiche des Centralnervensystems ins Auge fasst. Dieselbe erfreut sich aber gegenwärtig noch keiner allgemeinen Verbreitung.

VII) **Die pathologisch-anatomische Untersuchungsmethode** oder **die Methode der secundären Degenerationen** ist durch die Untersuchungen von Türck in die neurologische Forschung eingeführt worden. Ihr liegt der Satz zu Grunde, dass die Nervenfasern in

ihrer Ernährung von der Integrität der Nervenzellen abhängig sind, von welchen sie ihren Ausgangspunkt nehmen; die Zerstörung der Nervenzelle hat daher eine Degeneration der von ihr ausgehenden Nervenfaser zur Folge. Dass letztere dem Untergange preisgegeben ist, wenn die erstere zerstört ist, wird uns durch die Überlegung verständlich, dass die Nervenfaser in der That nur einen verlängerten Fortsatz der Nervenzelle darstellt.

Die Methode der sekundären Degenerationen beim Studium des Faserverlaufes im Centralnervensysteme hat, dank ihrer aussergewöhnlichen Präzision, bereits glänzende Resultate geliefert. Sie wird in neuester Zeit in immer ausgedehnterem Massstabe gehandhabt, wodurch Arbeiten zu Tage gefördert wurden, die unser Wissen über den inneren Zusammenhang einzelner Teile des Nervensystems bedeutend erweitert, ja in mancher Beziehung ganz besonders gefestigt haben. Welche Perspektiven die Methode der sekundären Degenerationen uns noch für die Zukunft eröffnet, können wir uns leicht aus dem Umstande ableiten, dass die Lehre der Abhängigkeit der Ernährung der Nervenfaser von der Integrität der zugehörigen Nervenzelle schon jetzt als Naturgesetz betrachtet werden kann.

VIII) Die physiologische Methode oder die Methode der Vivisektion beruht darauf, dass wir am Tier einerseits durch direkte (namentlich elektrische) Reizung bestimmte Centren resp. Fasern in Thätigkeit versetzen, andererseits durch Zerstörung dieser Centren bezw. Durchschneidung der Fasern die Funktion derselben aufzuheben im stande sind. Aus den Erscheinungen, welche wir am Tiere auftreten sehen, schliessen wir auf einen Zusammenhang bestimmter Teile des Nervensystems mit den peripheren Leitungsapparaten. Hierbei können wir ganz bestimmte Nervenfasern nach ihrer Funktion von anderen trennen. Da wir mit Hilfe dieser Untersuchungsmethode die Richtung der Nervenfaser in ihrem ganzen Verlaufe zu verfolgen vermögen, so muss sie uns in jedem einzelnen Falle sehr wertvolle Dienste leisten können. Sie gewinnt aber ganz besonders an Be-

deutung durch den Umstand, dass neben der Verlaufsrichtung gleichzeitig auch die physiologische Bedeutung der Fasern erkannt wird, über welche uns die anderen bis jetzt erwähnten Methoden völlig im Unklaren lassen.

Berücksichtigt man ausserdem, dass die Vivisektion als Methode überhaupt in sehr ausgedehntem Masse Anwendung findet, so wird ihre grosse Wichtigkeit für das Studium des Faserverlaufes verständlich. Die experimentelle Nervenphysiologie dient hier den Zwecken der Anatomie in nicht minderem Grade, als den Zwecken der Physiologie selbst, und man kann, ohne zu übertreiben, sagen, dass die meisten physiologischen Entdeckungen im Gebiete des Centralnervensystems in sehr erheblichem Masse auch die Entwickelung unserer anatomischen Vorstellungen von den im Gehirn und Rückenmark bestehenden Verbindungen gefördert haben.

An die Methode der Vivisektion lehnt sich an

IX) Die pathologisch-physiologische Methode. Sie beruht auf einem ähnlichen Prinzip, wie die vorige; auch hier handelt es sich um Zerstörung von Teilen des Centralnervensystems: was aber dort die Hand des Experimentators am Tiere, das thut hier die Natur selbst durch pathologische Vorgänge am nervösen Centralorgane des Menschen.

Hiermit schliessen wir die Reihe der wesentlichsten Methoden die uns bei der Untersuchung des Faserverlaufes im Centralnervensystem zur Verfügung stehen. Da die Verwendbarkeit jeder einzelnen Methode durch bestimmte Grenzen gekennzeichnet ist, über welche hinaus sie versagt, so ist ein eingehendes und genaues Studium des Faserverlaufes nur denkbar bei Anwendung aller oder wenigstens vieler Methoden nach einander: versagt die eine Methode oder liefert sie aus irgend welchen Gründen keine positiven Resultate, so treten andere Methoden in ihre Rechte.

Trotz dieses scheinbaren Überflusses an speziellen Untersuchungsmethoden sind wir gegenwärtig von unserem Endziel, den Verlauf

aller Faserbündel im Centralnervensystem zu erkennen, noch weit entfernt. Diese Lückenhaftigkeit unserer Kenntnisse bezieht sich insbesondere auf das Gehirn, wo gewisse sehr wichtige Verbindungen, wie z. B. die Verbindung einiger sensibler und motorischer Kerne der Medulla oblongata mit der Rinde der Hemisphären, theoretisch wohl zuzugeben, anatomisch aber nur unvollkommen oder gar nicht erkannt sind.

Der folgenden Darstellung sollen nur diejenigen Verknüpfungen innerhalb des Gehirnes und Rückenmarkes zu Grunde gelegt werden, welche schon jetzt mehr oder weniger vollständig erkannt sind; nach Möglichkeit übergangen sind alle jene mutmasslichen Verbindungen zwischen einzelnen Nestern grauer Substanz, welche leider noch jetzt in einigen Handbüchern der Gehirnanatomie ihren Platz behaupten.

Da die Nervenfasern bestimmt sind, die verschiedenen Nester grauer Substanz mit einander, aber auch mit der peripheren Leitung zu verbinden, so erscheint es am zweckmässigsten, den Verlauf der Faserbündel im Centralnervensysteme gemäss denjenigen Abteilungen grauer Substanz zu schildern, zu deren gegenseitiger Verbindung sie dienen. In diesem Sinne lässt sich die gesammte graue Substanz in folgende Hauptgruppen einteilen:

1) Die graue Substanz des Rückenmarkes.

2) Die graue Substanz des Hirnstammes.

3) Die graue Substanz des Kleinhirns mit ihren Kernen.

4) Die graue Substanz der Hemisphären. Hierher zählen wir die Hirnrinde mit jenen Hirnganglien, die man auch unter dem Kollektivnamen Corpus striatum (Streifenhügel) zusammenfasst.

Auf dieser Einteilung der grauen Substanz basierend, können wir auch die im Centralnervensysteme enthaltenen Fasern in ganz entsprechender Weise einteilen. Wir haben also:

1) Die Fasern des Rückenmarkes,

2) Die Fasern des Hirnstammes, unter denen wir Faser-

bündel zu besprechen haben, welche die verschiedenen Abschnitte der grauen Substanz des Rückenmarkes und des Hirnstammes unter einander verbinden.

3) Die Fasern des Kleinhirns, d. h. diejenigen Fasern, welche das Kleinhirn mit der grauen Substanz des Rückenmarkes und mit den Kernen des Hirnstammes, ausserdem aber die einzelnen Teile des Kleinhirns unter einander verbinden.

4) Die Fasern der Grosshirnhemisphären. Hierher gehören

a) Faserbündel, welche die Grosshirnrinde und die Grosshirnganglien mit der grauen Substanz des Rückenmarkes und mit den Kernen des Hirnstammes verbinden: sg. Projektionsfasern.

b) Faserbündel, welche die einzelnen Teile der Grosshirnrinde mit einander verbinden: sog. Associationsfasern.

II. Kapitel.

Von der Faserung des Rückenmarkes.

Die graue Substanz des Rückenmarkes erstreckt sich in Form einer ununterbrochenen Säule vom Conus medullaris bis zum verlängerten Mark. Sie enthält zellige Elemente, welche zum Teil grössere oder kleinere Gruppen bilden, zum Teil mehr oder weniger zerstreut, solitär auftreten. In dem vorderen Abschnitt der grauen Substanz, und speziell im Vorderhorn, unterscheiden wir vordere und hintere innere, und vordere und hintere äussere Gruppen grosser Zellen, welche vor allen anderen Zellen durch den Besitz zahlreicher verzweigter Protoplasmafortsätze sich auszeichnen.

In dem hinteren Abschnitte der grauen Substanz findet sich in nächster Umgebung der Basis des Hinterhornes die Zellgruppe der Clarke'schen Säulen; ferner die solitären oder zerstreuten zelligen Elemente des Hinterhorns und die kleinen Nervenzellen der Substantia gelatinosa Rolandi. Endlich ist im Hinterhorn, unmittelbar vor der Substantia gelatinosa Rolandi, eine besondere Gruppe von zelligen Elementen eingelagert.

Ausserdem begegnet man auf Rückenmarksquerschnitten in dem mittleren Abschnitte der grauen Substanz in der Regel noch einigen Zellen, welche gewissermassen eine centrale Gruppe bilden. Weiter findet sich an der Spitze des Seitenhorns, an der äussersten Grenze der grauen Substanz stellenweise eine Gruppe dicht gehäufter

kleinerer Zellen, welche wir nach ihrer Lage als Zellgruppe des Seitenhorns kennzeichnen wollen. An der äusseren Grenze der grauen Substanz und etwas nach hinten vom Seitenhorn, auf der Strecke zwischen Seiten- und Hinterhorn, ungefähr in der Ebene des vorderen Randes der Clarke'schen Säulen, tritt endlich eine kleine, aber ganz constante Zellgruppe auf, welche wir als laterale Gruppe des Hinterhorns bezeichnen.

Es ist zu betonen, dass die solitären Zellen nicht ausschliesslich in den Hinterhörnern, sondern auch in anderen Gebieten der grauen Substanz des Rückenmarkes auftreten, wie z. B. im mittleren Teile des letzteren, in der Nähe des Centralcanals und im Vorderhorn, in welch' letzterem sie durch ihre etwas geringeren Dimensionen von den grossen gruppenweise geordneten Zellen sich unterscheiden. Ja in der weissen Substanz des Rückenmarkes sind zuweilen vereinzelte zellige Elemente unzweifelhaft nervöser Natur anzutreffen.

Die oben beschriebenen Zellgruppen bilden, wie wir schon hier bemerken müssen, und wie Schiefferdecker bereits für die Zellgruppen des Vorderhorns nachgewiesen hat, keine ununterbrochene, die ganze Länge des Rückenmarkes durchlaufende Reihe; vielmehr sind sie rosenkranzförmig angeordnet, derart, dass Stellen mit grösserem Zellreichtum und solche mit geringerem Zellgehalt miteinander abwechseln. Letztere Erscheinung ist, wie die vergleichend-anatomischen Untersuchungen gezeigt haben, zweifellos der Ausdruck der ursprünglichen segmentalen Anlage des Rückenmarkes, sie steht auch in vollstem Einklange mit den Thatsachen der Physiologie, denen zufolge in der grauen Substanz des Rückenmarkes eine in der Längsrichtung fortlaufende Reihe von Reflex-Centren angelegt ist.

Bemerkenswert ist noch der Umstand, dass im Vorderhorne des Halsteiles des Rückenmarkes der Kern des XI. Gehirnnervenpaares gelegen ist, des einzigen Kopfnerven, welcher teilweise (als Accessorius spinalis) im Rückenmark endet. Dieser aus grossen Zellen bestehende Kern liegt oberhalb des ersten Cervicalnerven ungefähr in

der Mitte des Vorderhorns; weiter unten nähert er sich dem lateralen Rande des Vorderhorns und geht ohne scharfe Grenzen in die laterale Zellgruppe des letzteren über.

Der Verlauf der Nervenfasern innerhalb der grauen Substanz des Rückenmarkes wird, wie oben bereits erwähnt, mit Zuhilfenahme verschiedener Färbungsmethoden erschlossen. Von letzteren gebührt der erste Rang dem Weigertschen Verfahren der Behandlung mit Hämatoxylin oder der Färbung mit Goldchlorid, und nicht minder der Färbung mit salpetersaurem Silberoxyd nach Golgi und Ramón y Cajal. Zur Untersuchung ist das kindliche oder fötale Rückenmark am geeignetsten, namentlich um des Umstandes willen, weil die aus letzterem angefertigten Schnitte sich nach den erwähnten Methoden viel besser tingieren, als Schnitte aus dem erwachsenen Rückenmark.

Wir beginnen die Schilderung der Fasern der grauen Rückenmarksubstanz mit der Betrachtung des allendlichen Schicksals der hinteren Wurzeln.

Bei den höheren Tieren und beim Menschen entwickeln sich die einzelnen Bestandteile der hinteren Wurzeln bei weitem nicht gleichzeitig. Am frühesten vollzieht sich die Markbildung derjenigen Fasern der hinteren Wurzeln, welche zum Teil durch das Gebiet der Burdachschen Bündel oder das innere Wurzelgebiet (Schema 1, *bpa*; Taf. Fig. I, 2″), zum anderen Teil direct durch die Spitze (apex) des Hinterhorns in die graue Substanz des letzteren eindringen; am spätesten erhalten ihr Mark jene hinteren Wurzelfasern, welche Bestandteile des äusseren Wurzelgebietes oder der Randzone (Schema 1, z; Taf. Fig. I, 5) darstellen. In der Zeitperiode zwischen der Markscheidenbildung der ersteren und der letzteren vollzieht sich die Markscheidenbildung der übrigen hinteren Wurzelfasern.

Innerhalb der hinteren Wurzeln erscheinen diese, ganz differenten Entwickelungsperioden entstammenden Fasern mehr oder weniger gleichmässig durcheinander gemengt; erst nach ihrem Ein-

tritt in das Rückenmark erfahren sie eine Sonderung in getrennte Bündel mit verschiedener Verlaufsrichtung.

Von den oben erwähnten zwei Bündeln biegen die Fasern des aus einer früheren Entwickelungsphase stammenden Bündels (Schema 1, 1) sofort nach ihrem Eintritt in die Substanz des Rückenmarkes medianwärts um und werden Bestandteile teils der Burdachschen Bündel (s. Taf. Fig. 1), teils der Gollschen Stränge, welch' letztere zuerst in der Ebene des Lendenteils des Rückenmarkes auftreten.[1]) Nur der kleinste Teil dieses Faserbündels dringt direkt durch die Spitze des Hinterhorns und weiter vorzugsweise durch die mittleren Partien der Substantia gelatinosa Rolandi in die graue Substanz des letzteren hinein (Schema 1, 2, 33').

Die Fasern des sich später entwickelnden, beim Eintritt in das Rückenmark lateral vom vorigen gelegenen Bündels, treten zum grossen Teil in das s. g. laterale Wurzelgebiet oder die Randzone (Schema 1, 6) ein, steigen von hier in vertikaler Richtung eine Strecke weit aufwärts und biegen darauf in das Hinterhorn um; ein anderer Teil dieses Faserbündels gelangt mehr direkt, und zwar unmittelbar durch die Spitze in die Substanz des Hinterhorns (Schema 1, 4, 5, 7, 3)[2]).

Übrigens sei hier darauf hingewiesen, dass ein geringer Teil des äusseren Wurzelgebietes in den tieferen Partien des Rückenmarkes nicht allein lateralwärts, sondern zum Teil auch noch medianwärts von den Wurzelfasern des zuerst ausgebildeten Wurzelbündels zu liegen kommt.

---

[1]) Dieses zur Berichtigung einer früher von mir ausgesprochenen Ansicht, der gemäss ich die ersten Anfänge der Gollschen Stränge in tiefere Niveaus des Rückenmarkes verlegte.

[2]) Weiter unten werden wir sehen, dass ein gewisser Teil beider Faserbündel, namentlich aber des letztgenannten, nach seinem Eintritt in die graue Substanz des Hinterhorns in eine, unmittelbar vor der Substantia gelatinosa Rolandi des Hinterhornes gelegene, dichte Verflechtung feinster Fasernetze übergeht. Nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln tritt stets eine ausgesprochene Atrophie dieses Fasernetzes ein, wovon ich mich durch Versuche überzeugte, die von Dr. Zelerizky in meinem Laboratorium ausgeführt wurden.

Beide Bündel unterscheiden sich jedoch nicht nur durch die Zeitfolge ihrer Ausbildung, sondern auch durch die Dicke ihrer Fasern. Das früh ausgebildete Bündel besteht aus Fasern von bedeutendem Kaliber, das später ausgebildete ist durch verhältnismässig sehr feine Fasern charakterisiert.

Im Nachfolgenden wollen wir das erstere Bündel kurz als mediales, das letztere als laterales Wurzelbündel bezeichnen.[1])

Wir sahen, dass ein bedeutender Teil der Fasern des lateralen Bündels der hinteren Wurzeln, nach seinem Eintritt in das laterale Wurzelgebiet (Randzone), ehe er die graue Rückenmarksubstanz erreicht, eine Strecke weit vertikalen, im wesentlichen aufwärts gerichteten Verlauf annimmt. Der Beweis dafür ist durch den Befund einer aufsteigenden Degeneration dieses Gebietes nach Durchschneidungen und Querschnittsläsionen des Rückenmarkes erbracht worden. (Bechterew, Lissauer). — Ganz analog nehmen auch zahlreiche Fasern des medialen Bündels der hinteren Wurzeln, nach ihrem Eintritt in das mediale Wurzelgebiet, für eine gewisse Strecke eine vertikale Richtung an, wobei sie grösstenteils aufwärts, zum kleineren Teil abwärts sich begeben.

Singer versuchte auf Grundlage seiner Untersuchungen den Nachweis zu führen, dass die Hinterstränge aus der oberen Fortsetzung der hinteren Wurzeln hervorgehen, so jedoch, dass die später hinzutretenden Wurzelfasern immer mehr in den äusseren, die zunächst eintretenden in den inneren Partien der Hinterstränge zu liegen kommen. Zu einer analogen Anschauung über die Lagerung der hinteren Wurzeln innerhalb der Hinterstränge ist auch Kahler gelangt, und neuerdings sind die Resultate der genannten Autoren durch die Arbeiten von Wagner, Borgherini, Münzer und Singer wiederum bestätigt worden. Nach diesen Autoren biegt der Teil der hinteren Wurzeln, welcher in den Hintersträngen aufwärts

[1]) Die hier durchgeführte Einteilung der hinteren Wurzeln entspricht, wie aus der Beschreibung ohne weiteres hervorgeht, nicht ganz der allgemein üblichen Sonderung derselben in ein inneres und äusseres Bündel.

verläuft, allmählich mehr und mehr nach innen um und erleidet gleichzeitig einen bedeutenden Verlust an Fasern. Ein kleiner Teil soll schliesslich das verlängerte Mark erreichen und in den Kernen der Hinterstränge endigen (Singer und Münzer).

Ich muss hier bemerken, dass ich bei meinen Untersuchungen nach Durchschneidung der Wurzeln im Gebiete der Cauda equina neben einer sekundären Degeneration der Burdachschen Bündel in den zunächst liegenden Ebenen gleichzeitig auch eine bis in die Gegend des Brust- und Halsmarkes aufwärts sich erstreckende Degeneration der Gollschen Bündel beobachten konnte.

Ungeachtet dieser Thatsachen ist es bis jetzt noch nicht endgültig entschieden, ob die Wurzelfasern innerhalb der Hinterstränge, speziell der Gollschen Stränge, ohne Unterbrechung die ganze Länge des Rückenmarkes bis zu den Kernen des verlängerten Markes durchlaufen, oder ob sie vorher in die graue Substanz des Rückenmarkes eintreten und hier durch Einschaltung zelliger Elemente eine Unterbrechung erfahren[1]). Aber auch dann, wenn positive

---

[1]) Diejenigen Autoren, welche die Fasern der Hinterstränge als eine unmittelbare Fortsetzung der hinteren Wurzeln betrachten, stützten ihre Ansicht hauptsächlich durch den Umstand, dass nach Durchschneidung des Nervus ischiadicus bei Tieren und nach Compression der Cauda equina beim Menschen in einer Reihe von Fällen eine sekundäre Degeneration der Hinterstränge auftrat. Dabei erstreckte sich die Degeneration der Gollschen Stränge aufwärts bis zum verlängerten Mark. Allein diese Fälle beweisen noch nicht die ununterbrochene Fortsetzung der hinteren Wurzeln bis zum verlängerten Mark, schon um des Umstandes willen, weil die sekundäre Degeneration der Fasern bei weitem nicht immer die Grenzen der grauen Substanz respektiert, innerhalb welcher die Unterbrechung der Fasern geschah. Im Gegenteil, es ereignet sich nicht selten, dass nach Degeneration eines bestimmten Fasersystems Degeneration oder Atrophie von Zellelementen der grauen Substanz auftritt, worauf dann auch diejenigen Fasern degenerieren, die jenseits der erwähnten zelligen Elemente liegen. So hat eine Degeneration der vorderen Kleinhirnschenkel (pedunculi cerebelli ad cerebrum s. brachia conjunctiva) Degeneration des roten Kerns und der zugehörigen Fasern des letzteren im Gefolge; nach Läsionen der Stirnwindungen der Hirnrinde ist Degeneration der Kranzfasern des Sehhügels, Atrophie seines vorderen Kernes und Degeneration des von letzterem zum Corpus mamillare ziehenden Vicq d'Azyrschen Bündels beobachtet worden. Weiter ist bekannt, dass Degeneration der Pyramidenstränge

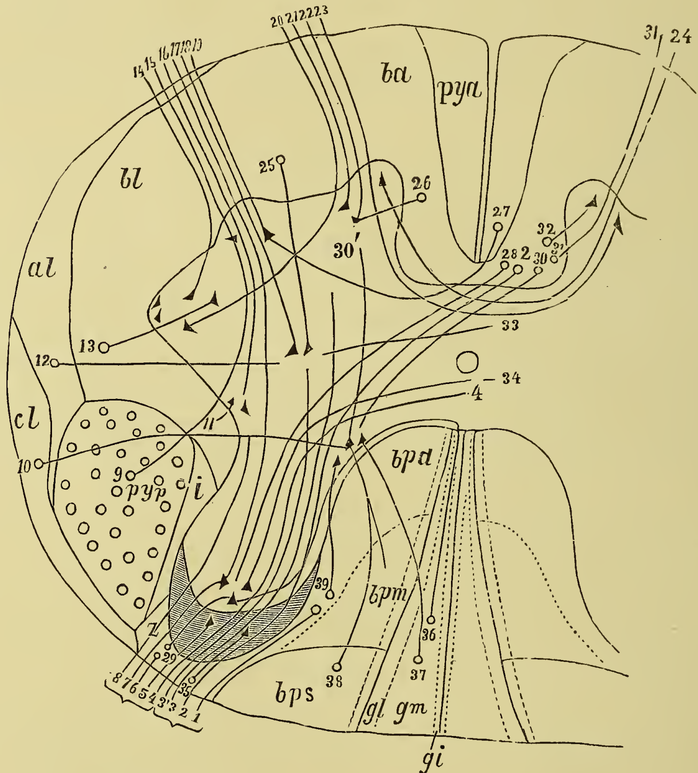
Ergebnisse im Sinne der ersten Annahme vorliegen sollten, liessen sich doch jene Beziehungen, welche zwischen den in den Hintersträngen verlaufenden Wurzelfasern und der grauen Substanz des Rückenmarkes durch „Collateralen“ vermittelt werden, nicht von der Hand weisen. (S. unten pag. 22—23 und pag. 31.) Dass die hinteren Wurzeln der obersten Abteilungen des Rückenmarkes nach ihrem Eintritte in die Hinterstränge sich ohne Unterbrechung zu den Kernen der letzteren im verlängerten Mark erheben, bedarf nur der Andeutung.

Andererseits ist es ganz unzweifelhaft, dass die Hinterstränge nur zum Teil durch direkte Fortsetzung der hinteren Wurzeln entstehen; der übrige Teil ihrer Fasern entspringt in der grauen Substanz des Rückenmarkes. Letzteres erhellt wenigstens aus dem Umstande, dass ein bestimmter Teil der Hinterstrangfasern, insbesondere der Gollschen Bündel, wie ich zuerst nachgewiesen habe, später markhaltig wird, als die Fasern des medialen Bündels der hinteren Wurzeln; in demselben Sinne ist auch der am Sakralteil des Rückenmarkes direkt beobachtete Übergang von Fasern aus der grauen Substanz in periphere Gebiete der Hinterstränge (Bechterew) zu deuten. Zu Gunsten dieser Annahme spricht endlich auch das Auftreten sekundärer aufsteigender Degenerationen der Gollschen Stränge infolge durch Druck der Brustaorta auf die Wirbelsäule erzeugter Erweichungen der grauen Rückenmarksubstanz.

nachfolgende Atrophie der Nervenzellen der Vorderhörner und Degeneration der vorderen Wurzelfasern erzeugt. Unabhängig hiervon giebt es Beobachtungen, aus welchen hervorgeht, dass die nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln auftretende Degeneration derselben von einer nur eine kurze Strecke aufwärts nachweisbaren Degeneration der Hinterstränge und vorzugsweise der Burdach'schen Bündel der letzteren begleitet ist (Bechterew, Rosenbach, Rossolimo). Andererseits hat man nach alten Amputationen Atrophie von Nervenzellen vorzugsweise in der grauen Substanz des Hinterhornes, in der lateralen hinteren Gruppe und in der Clarkeschen Säule, teilweise auch in der Substanz des Vorderhorns nachweisen können; gleichzeitig fand sich eine Verkleinerung des entsprechenden Hinterhornes, und auf einer kleinen Strecke aufwärts von der Eintrittsstelle der lädierten Nerven eine Atrophie der Burdachschen Bündel, während die Gollschen Bündel vollständig unversehrt sich erwiesen (Erlitzky).

Was den Ort der Endigung der hinteren Wurzelfasern anlangt, so lehren uns nach Weigert und Pahl behandelte Präparate des jugendlichen und fötalen Rückenmarkes darüber folgendes:

Schema 1.



Schematische Darstellung des Faserverlaufes in der grauen Substanz des Rückenmarkes und der Bestandteile der weissen Stränge.

pya — vorderes Pyramidenbündel; *ba* — Grundbündel des Vorderstranges; *bl*—Grundbündel des Seitenstranges; *al*—vorderes äusseres Seitenstrangbündel (fasciculus antero-lateralis); *cl*—Kleinhirnbündel; *pyp*—Pyramidenseitenstrangbündel; *i*—inneres Seitenstrangbündel; *z*—laterales Wurzelgebiet; *bpa*—mediales Wurzelgebiet (eigentlich sein vorderer Abschnitt) oder vordere laterale Zone der Burdachschen Bündel; *bpm*—mittlere Zone der Burdachschen Bündel; *bps*—hintere Zone der Burdachschen Bündel; *gl*—später ausgebildetes, an der Grenze des

Burdachschen Bündels gelegenes Gebiet der Gollschen Bündel; *gm*—mittleres Gebiet der Gollschen Bündel: *gi*—inneres, frühzeitig ausgebildetes Gebiet der Gollschen Bündel; *1*—Fasern der hinteren Wurzeln zu den Burdachschen Bündeln; *2*—Fasern der hinteren Wurzeln zur vorderen Commissur; *3,5'*—Fasern der hinteren Wurzeln zum mittleren Gebiete und zum Vorderhorne der grauen Substanz; *4*—Fasern der hinteren Wurzeln zur hinteren Commissur; *5*—Fasern der hinteren Wurzeln, welche aus den Zellen der Substantia gelatinosa Rolandi hervorgehen; *6*—hintere Wurzelfasern, welche im äusseren (lateralen) Wurzelgebiet oder der sg. Randzone vertikal emporsteigen; *7*—hintere Wurzelfasern, welche aus der unmittelbar vor der Substantia gelatinosa Rolandi gelagerten Zellgruppe des Hinterhorns hervorgehen; *8*—hintere Wurzelfasern, welche längs des lateralen Randes des Hinterhornes zur lateralen Zellgruppe sich begeben; (*1, 2, 3*—bilden zusammen das innere (mediale) Bündel der hinteren Wurzeln; *4, 5, 6, 7, 8*—das äussere (laterale) Bündel der hinteren Wurzeln); *9*—Fasern des Pyramidenseitenstrangbündels zu den Zellen des Vorderhornes; *10*—aus den Clarkeschen Säulen stammende, zur Bildung des Kleinhirnbündels dienende Fasern; *11*—Fasern, welche aus der hinteren lateralen Zellgruppe zum Gebiete des Seitenstranges verlaufen; *12*—Fasern, welche aus den centralen Gebieten der grauen Substanz in das Gebiet des vorderen äusseren Seitenstrangbündels sich begeben; *13, 26*—Fasern, welche von den Zellen der Vorderhörner in das Gebiet der Seitenstränge sich begeben; *25*—Fasern, welche von der centralen Zellgruppe ausgehend in das Gebiet des vorderen Teiles des Grundbündels des Seitenstranges eintreten; *14, 15, 19, 20, 21* und *22*—von den Zellen der Vorderhörner ausgehende Wurzelfasern; *16*—Fasern, welche aus der hinteren lateralen Zellgruppe in das Gebiet der vorderen Wurzeln eintreten; *17*—Fasern, welche von den Zellen der Hinterhörner in die vorderen Wurzeln verlaufen; *18*—Fasern, welche aus der centralen Zellgruppe in die vorderen Wurzeln übergehen; *23, 24*—vordere Wurzelfasern, welche von Zellen der Vorderhörner der gegenüber liegenden Seite entspringen; *27*—Fasern des Pyramidenvorderstrangbündels zu den Zellen des Vorderhornes der gegenüberliegenden Seite; *28, 30*—Fasern, welche von den Zellen des Hinterhornes und der Clarkeschen Säule zum Gebiete der vorderen Commissur verlaufen; *30'*—Fasern, welche von den Clarkeschen Säulen zum Vorderhorn sich begeben; *31*—Fasern, welche aus dem Grundbündel des Vorderstranges in die vorderen Wurzeln übergehen; *32*—Fasern, welche von den Zellen des Vorderhornes zum Gebiete des Vorderstranggrundbündels gehen; *33*—Fasern, welche von den centralen Bezirken der grauen Substanz zur Commissur verlaufen *34*—Fasern, welche von den Zellen der Hinterhörner zur grauen Commissur verlaufen; *36, 37*—Fasern, welche von den Zellen der Hinterhörner und der Clarkeschen Säulen in das Gebiet der Gollschen Bündel sich begeben; *38, 39*—Fasern, welche von den Zellen der Clarkeschen Säulen zum Gebiete der Burdachschen Bündel verlaufen; *29, 35*—Fasern, welche von den Zellen der Hinterhörner in das äussere Wurzelgebiet sich begeben.

Nach ihrem Eintritt in die graue Substanz des Hinterhornes gehen die Fasern des medialen Bündels nach zwei verschiedenen

Richtungen auseinander. Die einen, mehr nach innen gelegenen und das Gebiet der Burdachschen Stränge in Form eines dichten Bündels durchsetzenden Fasern, treten an die grauen Clarkeschen Säulen heran und lösen sich innerhalb der letzteren in ein dichtes Geflecht feinster Fäserchen auf (Schema 1, 1); die anderen, mehr nach aussen gelegenen Fasern des medialen Bündels der hinteren Wurzeln dringen nach ihrem Eintritt in das Hinterhorn in die Tiefe der grauen Substanz des letzteren hinein. Hier verschwindet ein Teil derselben bereits im mittleren Abschnitt der grauen Substanz (Schema 1, 3'), in nächster Nachbarschaft der hier gelegenen Zellen; der Rest hingegen gelangt bis zur Basis des Vorderhornes (Schema 1, 2) und geht hier in ein, zwischen den grossen Zellgruppen eingesprengtes Fasernetz auf.

Noch andere Fasern des inneren Bündels biegen zur vorderen Commissur um und gehen in Gesellschaft mit den Fasern der letzteren in das Grundbündel des entgegengesetzten Vorderstranges und von hier in das anderseitige Vorderhorn über.[1])

Einige Fasern des medialen Bündels der hinteren Wurzeln gehen auf ihrem Wege in die tieferen Gebiete der grauen Substanz, unmittelbar vor der Substantia gelatinosa Rolandi, aus ihrer nahezu horizontalen Verlaufsrichtung temporär in eine vertikale über. Dies erklärt uns den in dieser Gegend zuweilen zu erhebenden Befund quer durchschnittener Wurzelfasern.

---

[1]) Die näheren Beziehungen eines Teiles der hinteren Wurzeln zu den Zellen der Vorderhörner hatte ich zuerst an Präparaten festgestellt, die aus dem Rückenmarke Neugeborener gefertigt und nach Weigert gefärbt waren. (Siehe: Arch. f. Anatomie und Physiologie, 1887.) In neuerer Zeit ist der Nachweis eines solchen Zusammenhanges wiederholt von Autoren erbracht worden, die mit der Methode von Golgi und Marchi operierten (Ramón y Cajal, Lenhossék, Singer, Münzer). Auf den Übergang von Fasern der hinteren Wurzeln durch die vordere Commissur in das Grundbündel des anderseitigen Vorderstranges habe ich bereits 1887 hingewiesen. Späterhin sind diese Beziehungen der hinteren Wurzeln zum Grundbündel des anderseitigen Vorder- und Seitenstranges von Edinger studiert worden. Nach den Angaben dieses Autors muss innerhalb des Grundbündels des Vorder- und Seitenstranges eine aufsteigende sensible Bahn als Fortsetzung der hinteren Wurzeln hindurchgehen (s. unten).

Was die Fasern des sich später ausbildenden, lateralen Bündels der Hinterstränge betrifft, so ergiebt die Untersuchung des Rückenmarkes Neugeborener, dass ein bedeutender Teil dieser Fasern, wie bereits erwähnt, durch das laterale Wurzelgebiet in die graue Substanz eintritt (Schema 1, 6), während der Rest direkt der Spitze des Hinterhornes zustrebt (Schema 1, 4, 5, 7, 8). Indem sie nun die Substantia gelatinosa Rolandi zum Teil durchsetzen, zum Teil mit zarten Zügen von innen und aussen umkreisen, treten die Fasern des lateralen Bündels einerseits zu den zelligen Elementen der Substantia gelatinosa Rolandi selbst (Schema 1, 5), andererseits zu den Zellen des Hinterhornes überhaupt, wobei ein bedeutender Teil der Fasern zu jener Zellgruppe umbiegt, welche der vorderen Grenze der Substantia gelatinosa Rolandi zunächst benachbart ist (Schema 1, 7). Zu dieser Zellgruppe begiebt sich also sowohl die Mehrzahl der Fasern, welche die Substantia gelatinosa Rolandi durchsetzen, als auch ein bedeutender Anteil derjenigen, welche letztere von aussen und innen umkreisen. Infolge dieses Umstandes begegnen wir im Hinterhorne, unmittelbar vor der Substantia gelatinosa Rolandi, einem dichten Netze feinster Fäserchen in der Nachbarschaft der hier in grosser Zahl eingelagerten zelligen Elemente. Ausserdem geht ein Teil der die Substantia gelatinosa Rolandi umkreisenden Fasern des lateralen Wurzelbündels augenscheinlich noch weiter nach vorn und begiebt sich zu der zwischen Seiten- und Hinterhorn befindlichen Zellgruppe (Schema 1, 8).

Auch der Übergang eines bestimmten, mehr nach innen zu gelegenen Teiles der Fasern des lateralen Bündels durch die hintere Commissur in die graue Substanz der entgegengesetzten Seite (Schema 1, 4) muss für feststehend gelten, ein Umstand, auf welchen ich in meiner Abhandlung: „Von den hinteren Wurzeln und dem Orte ihrer Endigung in der grauen Substanz des Rückenmarkes“[1]) hingewiesen habe.

[1]) Siehe: Zeitschrift für klinische und forensische Psychiatrie und Neuropathologie 1887, und Archiv für Anatomie 1887.

Beachtenswert ist der Umstand, dass die hintere Commissur, im Gegensatz zur vorderen, wahrscheinlich keinerlei oder fast keinerlei dem medialen Bündel der hinteren Wurzeln entstammende Fasern enthält. Dies erhellt aus der Thatsache, dass bei menschlichen Föten die hintere Commissur noch keine markhaltigen Fasern aufweist, zu einer Zeit, wo die Fasern des medialen Bündels bereits markhaltig, die des lateralen noch als markfreie, graue Bündel angetroffen werden. Erst von dem Zeitpunkt, wo die lateralen Bündel markhaltig werden, treten innerhalb der grauen Commissur zarte, mit den anderseitigen sich kreuzende Fäserchen auf.[1]) Letztere, von Kölliker als gekreuzte Collateralen der hinteren Wurzeln bezeichnet, verlaufen nach ihrer Kreuzung in der hinteren Commissur zur Peripherie der entgegengesetzten Hälfte der grauen Substanz, wo sie für das Auge verschwinden.[2])

Die genaueste Einsicht in die weiteren Einzelheiten des Verlaufes der hinteren Wurzeln im Rückenmarke gewinnt man durch Untersuchung des letzteren mittels der Versilberungsmethode nach Golgi und Ramón y Cajal. Man überzeugt sich, dass die Fasern der hinteren Wurzeln nach ihrem Eintritt in das Rückenmark in aufsteigende und absteigende Zweige sich spalten (Schema 2), welche einige Centimeter weit innerhalb der Hinterstränge und des äusseren Wurzelgebietes (Randzone) verlaufen und darauf in das Innere der grauen Substanz umbiegen, wo sie in Gestalt feiner pinselartiger Ramifikationen frei endigen (Schema 2, d).

Unabhängig von den letzteren treten im Verlaufe der auf- und absteigenden Zweige in verschiedenen Ebenen Collateralen (Ramón y Cajal) auf, welche in das Innere der grauen Substanz

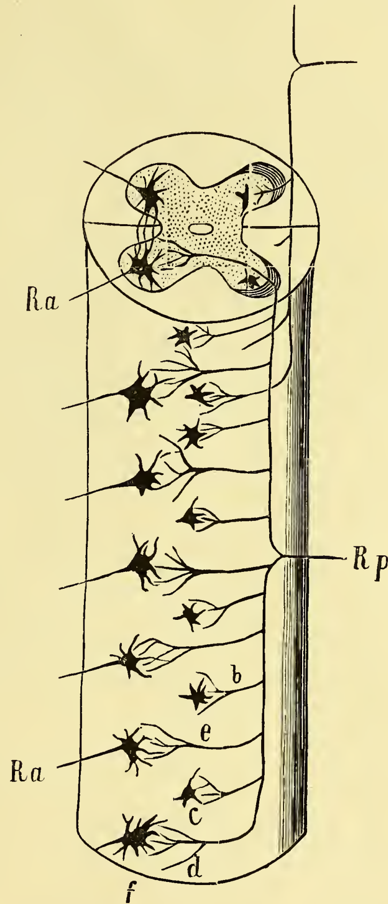
---

[1]) Diese Kreuzung ist im Lenden- und besonders im Sacralteil des Rückenmarkes deutlich ausgesprochen. (Siehe Fig. 1, Tafel X meiner Abhandlung: „Von den hinteren Wurzeln etc.“ im Archiv für Anatomie 1887, Anatomische Abt.)

[2]) Der eigentliche Anfang der hinteren Wurzelfasern ist, wie unter anderem auch aus der Entwickelungsgeschichte derselben hervorgeht, ausserhalb des Rückenmarkes, in den Spinalganglien, zu suchen. Auch sei hier hingewiesen, dass die Zellen der Hinterhörner und der Substantia gelatinosa Rolandi, analog den Zellen des II. Typus nach Golgi, mit verzweigten cylindrischen Fortsätzen versehen sind.

hineindringen und hier gleichfalls mit pinselförmigen feinsten Ramifikationen endigen (Schema 2, b, c, e). Analog verhalten sich die Endigungen jener Fasern der hinteren Wurzeln, welche durch das mediale oder das laterale Wurzelgebiet direkt zur grauen Substanz gelangen; auch sie geben vor ihrem Eintritt in das Hinterhorn auf- und absteigende Seitenzweige ab, welche ihrerseits in anderen Ebenen in die graue Substanz sich einsenken.

Schema 2.



Aus dem Gesagten geht hervor, dass den Fasern des inneren und äusseren Bündels der hinteren Wurzeln ganz differente Endigungen innerhalb der grauen Rückenmarksubstanz zukommen. Während die ersteren vorzüglich in den Clarkeschen Säulen, der centralen Zellgruppe und in den Zellen des gleichnamigen und anderseitigen Vorderhorns und vielleicht nur teilweise auch in den Zellen des Hinterhornes endigen, geschieht die Endigung der Fasern des lateralen Bündels vorzüglich in den solitären Zellen des Hinterhornes, den Zellen der Substantia gelatinosa Rolandi, ferner in der an der

Schematische Darstellung der Verästelung der hinteren Wurzeln nach Ramón y Cajal. *Ra*—vordere Wurzel; *Rp*—hintere Wurzel; *f*—grosse motorische Zelle des Vorderhornes; *c*—Commissurenzelle der grauen Substanz; *d*—durch Auflösung einer Faser der hinteren Wurzel entstandenes Endbäumchen; *e*, *b*—lange und kurze Collateralen der hinteren Wurzeln.

vorderen Grenze der Substantia gelatinosa Rolandi gelagerten Zellgruppe, und endlich wahrscheinlich auch in der lateralen Zellgruppe des Hinterhornes. Gleichzeitig gehen die Fasern beider Bündel im Rückenmarke eine unvollständige Kreuzung ein, und zwar die Fasern des medialen Bündels innerhalb der vorderen, die des lateralen innerhalb der hinteren oder der grauen Commissur.

Es ist ganz natürlich — und das lehren auch physiologische Experimente, — dass die funktionelle Bedeutung beider Bündel der Hinterstränge nicht die gleiche sein kann; die Besprechung dieser Frage gehört jedoch nicht zum Gebiet der vorliegenden Abhandlung.

Was die Art der Endigung der hinteren Wurzeln betrifft, so existiert, wie aus obigem erhellt, eine im eigentlichen Sinne unmittelbare Verbindung der hinteren Wurzelfasern mit den Zellen der grauen Substanz nicht; ein funktioneller Zusammenhang beider ist jedoch dadurch gegeben, dass die Wurzelfasern bezw. deren Collaterale mit feinsten pinselförmigen Ramifikationen endigen, welche an die zelligen Elemente herantreten und letztere zum Teil sogar umspinnen.

Wir begegnen hier somit einer Thatsache, welche darauf hinweist, dass die Fortleitung von Reizen nicht unbedingt an die Existenz eines ununterbrochenen Zusammenhanges der betreffenden Nervenelemente geknüpft ist. Wir müssen vielmehr angesichts der neueren Fortschritte auf dem Gebiete der Histologie des Nervensystems zugestehen, dass ein organischer Zusammenhang zwischen Nervenfaser und Nervenzelle fehlen kann in Fällen, wo ein funktioneller Zusammenhang ganz zweifelsohne existiert. Die Fortpflanzung der Erregung von der Faser zur Zelle geschieht in diesen Fällen offenbar durch (mittelbaren oder unmittelbaren) Contakt, und nicht auf Grundlage eines ununterbrochenen, weil nicht vorhandenen, Zusammenhanges zwischen Faser und Zelle.

Ehe wir zur Betrachtung der vorderen Wurzeln übergehen, muss noch bemerkt werden, dass auch sie, ähnlich den hinteren

Wurzeln, aus Fasern von gröberem und solchen von feinerem Kaliber sich aufbauen. Erstere gehen den letzteren in ihrer Entwickelung voraus. Beide Faserarten entspringen, obgleich innerhalb der Wurzeln selbst miteinander vermengt, von ganz verschiedenen Zellgruppen der grauen Substanz.

Die gröberen Fasern der vorderen Wurzeln gehen aus den grossen Zellen des Vorder- und des Seitenhornes hervor (Schema 1, 21, 19, 15, 14). Ein gewisser Teil derselben (Schema 1, 23) kreuzt sich in der vorderen Commissur und begiebt sich zu den Zellen des anderseitigen Hornes. Die feineren Fasern der vorderen Wurzeln entspringen aus den Zellen des Seitenhornes, dem Tractus intermedio-lateralis und den solitären Zellen des Hinterhornes, sowie aus der an der vorderen Grenze der Substantia gelatinosa Rolandi gelegenen Zellgruppe des Hinterhornes (Schema 1, 16, 17). Ausserdem gehen feinere Fasern des Vorderhorns aus den Zellen der Clarkeschen Säulen hervor (Gaskell), welche Annahme jedoch neuerdings von Mott mit Entschiedenheit zurückgewiesen wird.[1])

Andererseits treten zweifellos aus centralen Bezirken der grauen Substanz Faserzüge in die vorderen Wurzeln über. (Schema 1, 18).

Angesichts der zeitlichen Differenz in der Anlage der gröberen und feineren Fasern der vorderen Wurzeln kann es nicht Wunder nehmen, wenn beide auch bezüglich ihrer Funktion Differenzen aufweisen. Von Interesse ist eine nach dieser Richtung ausgesprochene Annahme, welche die gröberen Fasern der vorderen Wurzeln für die Innervation der quergestreiften Körpermuskulatur, die feineren, wahrscheinlich in das sympathische System übergehenden Fasern für die Versorgung der inneren Organe in Anspruch nimmt (Gaskell, Mott).

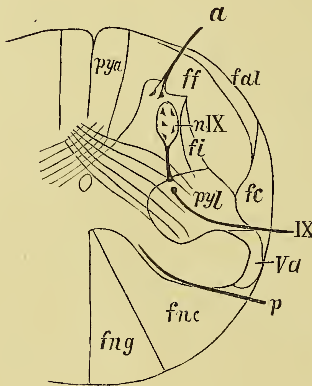
Zur Bildung der vorderen Wurzeln treten, wie wir dies bereits für die hinteren Wurzeln erörterten, nicht nur solche Fasern zusammen, welche aus Zellen identischer Ebenen der grauen Substanz

---

[1]) Brain, 1891.

hervorgehen, sondern auch solche Fasern, welche Zellen aus höher oder tiefer liegenden Bezirken grauer Substanz entstammen. Infolge dieses Umstandes giebt es in den nachbarlichen Bezirken der weissen Substanz, in dem sg. Grundbündel des Vorder- und Seitenstranges, eingestreut zwischen die Fasern des letzteren, zahlreiche aufsteigende und absteigende Wurzelfasern (siehe unten).

Schema 3.



In einer gewissen Analogie zu den vorderen Wurzeln stehen die Fasern des XI. Gehirnnervenpaares, welche im oberen Teil des Rückenmarkes in der Ebene des 5.—6. Cervicalnerven endigen (Schema 3). Die Fasern dieser Wurzeln durchsetzen, zu Bündeln geordnet, das Gebiet des Seitenstranges und erreichen die graue Substanz zwischen Seiten- und Hinterhorn; darauf biegen sie nach vorn in die laterale Zellgruppe des Vorderhornes der entsprechenden Seite

Schema der Wurzeln des XI. Nervenpaares. *a*—vordere Wurzel; *p*—hintere Wurzel des 1 Cervicalnerven; *pya*—Pyramidenvorderstrang; *ff*—vorderer Abschnitt des Grundbündels der Seitenstränge; *fal*—Fasciculus antero-lateralis; *fi*—mediales Bündel(?); *fc*—Kleinhirnbündel; *pyl*—Pyramidenseitenstrang; *fnc*—hinterer äusserer oder keilförmiger Strang; *Va*—aufsteigende Trigeminuswurzel; *nIX*—Kern des Accessorius; *IX*—Accessoriuswurzel.

ein (siehe oben). Auf diesem Wege nimmt ein bedeutender Teil der Fasern des XI. Nervenpaares einen vertikal nach unten gerichteten Verlauf an, und erst nachdem die Fasern ihre horizontale Verlaufsrichtung wiedergewonnen, erreichen sie jene bereits erwähnte Zellgruppe, die den Kern des XI. Paares darstellt.

Der Kopfteil des Accessorius oder der sg. Accessorius vagi gehört, streng genommen, nicht zu den Wurzeln des Accessorius,

sondern zu denen des Vagus; daher nehmen wir hier von einer Betrachtung desselben ganz Abstand. Es sei hier nur bemerkt, dass der Nervus accessorius selbst weder zu dem vorderen Vaguskern, dem sog. Nucleus ambiguus, noch zu dem sog. solitären Bündel des verlängerten Markes (fasciculus solitarius) in irgend welchen, ihm von Manchen zugeschriebenen, Beziehungen steht.

Die Art und Weise des Zusammenhanges der vorderen Wurzeln und der Accessoriusfasern mit den Zellen der grauen Rückenmarksubstanz unterscheidet sich sehr wesentlich von dem, was wir hierüber für die hinteren Wurzeln feststellten. Die grossen motorischen Zellen der Vorderhörner entsenden ihre Axencylinder direkt in die vordern Wurzeln, und es ist denkbar, dass mindestens die Mehrzahl der übrigen, in anderen Zellgruppen der grauen Substanz entspringenden Wurzelfasern, sowie die Fasern des Accessorius, ebenfalls aus zelligen Axencylinderfortsätzen hervorgehen (Schema 2, *Ra*).

Abgesehen von den Wurzelfasern begegnen wir innerhalb der grauen Substanz noch einer grossen Anzahl von Fasern, welche in den Zellen der grauen Substanz entspringen oder endigen und zum Aufbau der weissen Rückenmarkstränge dienen. Wir wenden uns zunächst zu einer Betrachtung der Fasern, welche aus denjenigen Zellen entspringen, in denen die hinteren Wurzeln endigen.

Aus den Zellen der Clarkeschen Säulen, in welchen ein wesentlicher Teil des inneren Bündels der hinteren Wurzel endigt, entspringen zahlreiche Fasern, welche eine Verbindung dieser Zellen mit anderen Bezirken des Centralnervensystems vermitteln. Von den Clarkeschen Säulen gehen diese Fasern nach drei Hauptrichtungen auseinander.

A. Zunächst entspringen hier Fasern, welche zur Bildung der Kleinhirnseitenstrangbündel dienen (Schema 1, 10). Diese treten aus der vorderen und zum Teil aus der äusseren Seite der Clarkeschen Säulen hervor; sie biegen dann bogenförmig zu den äusseren, zwischen Hinterhorn und Seitenhorn gelegenen Partien der grauen

Substanz um, erreichen darauf, die weissen Seitenstränge durchsetzend, die hintere Peripherie der letzteren, und wenden sich endlich von hier aufwärts. Solche Fasern finden sich in besonders reichlicher Anzahl an der Übergangsstelle der Lendenanschwellung in den Dorsalteil des Rückenmarkes; hier sind sie denn auch am leichtesten der Untersuchung zugänglich. Allein es unterliegt gar keinem Zweifel, dass ein wenn auch viel kleinerer Teil der zur Bildung der Kleinhirnbündel dienenden Fasern die Clarkeschen Säulen auch in höheren Rückenmark-Niveaus verlässt.

B. Eine andere Reihe von Fasern verlässt, gleichfalls in Gestalt ziemlich umfangreicher Bündel, die hintere und zum Teil auch die innere Seite der Clarkeschen Säulen und begiebt sich zu den inneren und hinteren Partien der Burdachschen Stränge. (Schema 1, 38). Ein Teil dieser Fasern geht übrigens auch in die Gollschen Stränge über; denn innerhalb der Hauptmasse der spät angelegten Fasern der Gollschen Stränge finden wir stets auch solche in zahlreicher Menge, die gleichzeitig mit den peripheren oder hinteren Fasern der Burdachschen Stränge markhaltig werden. Ein gewisser, später als die Burdachschen Faserbündel angelegter Teil der Gollschen Stränge entspringt jedoch zweifellos nicht aus den Clarkeschen Säulen, sondern, wie wir in der Folge sehen werden, aus den solitären Zellen der Hinterhörner (Schema 1, 36).

C. Ein dritter Teil von Fasern endlich tritt aus der vorderen Seite der Clarkeschen Säulen hervor, verläuft fast genau nach vorne und biegt darauf in das Gebiet der vorderen Commissur um; in Gesellschaft der Fasern der letzteren tritt er in die anderseitigen Vorder- und Seitenstränge über und endet in den Zellen des entgegengesetzten Vorderhornes (Schema 1, 39). Ein kleiner Teil begiebt sich allem Anschein nach auch zu den Vorderhornzellen der entsprechenden Seite (Schema 1, 30).

Sämmtliche eben erwähnte Faserzüge lassen sich fast im ganzen Verlaufe des Dorsalmarkes nachweisen, wenn sie auch in den tieferen

Partien desselben in weit reichlicherer Zahl vorkommen, als in den höher gelegenen.[1])

Was die centrale Zellgruppe der grauen Substanz betrifft, so verlaufen die aus derselben entspringenden Fasern nach meinen Beobachtungen einesteils zur vorderen Commissur (Schema 1, 33) in Gemeinschaft mit gleichgerichteten, den Clarkeschen Säulen entstammenden Fasern; anderenteils zu den seitlichen Gebieten der grauen Substanz und von hier in die Seitenstränge des Rückenmarkes (Schema 1, 14).

Was endlich die Zellen des Vorderhornes anlangt, so gehen die hier entspringenden Fasern teils strahlenförmig in die benachbarten Gebiete des Vorder- und Seitenstranges, in das sog. Grundbündel der letzteren, über (Schema 1, 13, 25), zum anderen Teil treten sie in die vordere Commissur ein und dienen zur Bildung der vorderen Wurzeln der entgegengesetzten Seite.

Aus den teils solitären, teils an der vorderen Grenze der Substantia gelatinosa Rolandi angehäuften Zellen der Hinterhörner, die wir als wichtigste Endstation des äusseren Bündels der hinteren Wurzeln kennen gelernt haben, entspringen mehr feinkaliberige Fasern, welche einesteils nach vorne in das Gebiet der vorderen Commissur (Schema 1, 28) verlaufen, andernteils die Clarkeschen Säulen von aussen und innen her umkreisend, in die graue Commissur übergehen (Schema 1, 24). Aus der letzteren begeben sie sich, wie ich durch den Vergleich einer grossen Reihe von Schnitten festgestellt habe, in die Seitenstränge des Rückenmarkes.

Aus den Zellen des Hinterhornes entspringt auch ein Teil der Fasern, welche in das Burdachsche und Gollsche Bündel ein-

---

[1]) Alle oben gekennzeichnete, aus dem Gebiete der Clarkeschen Säulen entspringende Fasersysteme habe ich im Archiv für Anatomie und Physiologie, Anatomische Abteilung, 1887, auf Tabelle X meiner Abhandlung nach der Natur abgebildet. Auch die centrale Fortsetzung des medialen und lateralen Bündels der Hinterwurzeln findet sich daselbst neben anderen Fasern der grauen Substanz des Rückenmarkes mit ziemlicher Genauigkeit abgebildet.

treten, wovon man an Schnitten aus dem Lumbal- und Sacralteil des Rückenmarkes sich leicht überzeugen kann.

Die zur Bildung der Gollschen Bündel dienenden Fasern (Schema 1, 36) verlaufen in der grauen Substanz grösstenteils in nächster Nachbarschaft des medialen Randes des Hinterhornes; innerhalb der hinteren Commissur biegen sie nahe der Medianebene — grösstenteils ohne letztere zu überschreiten — fast genau nach hinten um und verlaufen darauf zunächst der hinteren Längsfurche in der inneren Partie der Hinterstränge; an letzterem Orte tauchen demgemäss auch die Gollschen Bündel zuerst auf. Ein Teil der Gollschen Faserbündel entspringt übrigens nicht aus den Zellen des Hinterhornes, sondern allem Anscheine nach aus denen der Clarkeschen Säulen (Schema 1, 37).

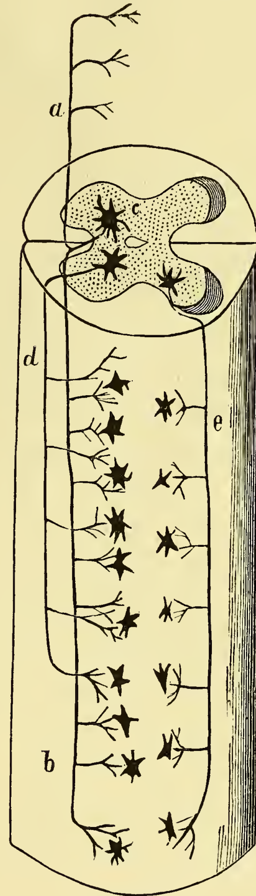
Von den Fasern des Burdachschen Bündels entspringen diejenigen, welche nicht durch direkte Fortsetzung der hinteren Wurzelfasern entstehen, hauptsächlich aus der grauen Substanz der Clarkeschen Säulen (Schema 1, 38).

Abgesehen von sämmtlichen bisher erwähnten Fasern enthalten die Vorder und Seitenstränge des Rückenmarkes noch umfangreiche, unter dem Namen „Pyramidenstränge" bekannte Bündel (Schema 1, *pya, pyp*), welche mit den zelligen Elementen der Vorderhörner in Zusammenhang stehen. Und zwar müssen wir annehmen, dass die Pyramidenvorderstränge wesentlich in einem gekreuzten, durch die vordere Commissur vermittelten Zusammenhang mit den Vorderhörnern stehen, im Gegensatz zu den Pyramidenseitensträngen, welche mit den Zellen des Vorderhornes der gleichnamigen Seite zusammenhängen (Schema 1, 27, 9).

Ehe wir uns einer Schilderung der Bestandteile der weissen Markmasse des Rückenmarkes zuwenden, bedarf es einiger Bemerkungen über die Art und Weise des Zusammenhanges zelliger Elemente mit den die weisse Substanz zusammensetzenden Fasern. In dieser Beziehung haben neuere, mit der Silberfärbungsmethode

angestellte Untersuchungen dargethan, dass viele Fasern der Vorder-Seiten- und Hinterstränge aus Axencylindern zelliger Elemente der grauen Substanz (s. g. Commissurenzellen nach Ramón y Cajal) hervorgehen und im weiteren Verlauf in das Innere der grauen Substanz hinein Collateralen unter rechten Winkeln entsenden; innerhalb der grauen Substanz aber endigen diese Collateralen in freien Endbäumchen, welche den obigen analoge zellige Elemente entsprechender Rückenmarksebenen umflechten. Die letzten Enden der bezeichneten Fasern senken sich ebenfalls in die graue Substanz ein und verästeln sich hier zu feinsten Endbäumchen, welche den Ursprungszellen der Fasern gleichgeartete Zellen entsprechender Rückenmarks-Niveaus umgeben (s. Schema 4).

Schema 4.



c — Commissurenzelle, welche zur vorderen Commissur einen Fortsatz entsendet; *a, b* — Aufsteigender und absteigender Ast dieses Fortsatzes; von beiden verlaufen Collateralen zu anderen Commissurenzellen; *d* — ungekreuzter Fortsatz einer Commissurenzelle, von welchem Collateralen zu Commissurenzellen anderer Ebenen ausgehen.

Das zwischen den Zellen des Rückenmarkes ausgebreitete nervöse Geflecht wird — abgesehen von einer Anzahl von Zellfortsätzen — hauptsächlich durch die Anhäufung einer zahllosen Menge von Endverästelungen jener Fasern gebildet, welche Bestandteile der weissen Marksäulen des Rückenmarkes sind. Eine Anzahl dieser Fasern entsendet nach ihrem Eintritt in die weissen Säulen aufsteigende und absteigende Äste (Schema 4, *a*, *b*), die eben während ihres Verlaufes

Collateralen in die graue Substanz hinein abgeben. Solche Fasern sind sowohl in den Vordersträngen, als auch in den Hintersträngen des Rückenmarkes nachweisbar[1]).

Es muss betont werden, dass nach Ramón y Cajal die Collateralen nirgends mit einander in Verbindung stehen, vielmehr überall ihre Selbständigkeit bewahren. Dabei zerstreuen sich die Collateralen der Vorderstränge zwischen den Vorderhornzellen, einige aber erreichen die Basis des Hinterhornes und noch andere gehen endlich in die vordere Commissur über. Im Gegensatz dazu treten die Collateralen der Hinterstränge grösstenteils zu Bündeln zusammen, welche durch die Substantia gelatinosa vordringen und in der Medianlinie im Gebiete der grauen Commissur sich zum Teil kreuzen.

Zweifelsohne stellen die eben gekennzeichneten Fasern sog. kurze oder Commissurenfasern dar, welche in grosser Zahl in allen Strängen des Rückenmarkes sich finden. Was die längeren Fasern mit auf- und absteigendem Verlauf anbetrifft, so stehen sie offenbar in ähnlichen Beziehungen zu den Zellen der grauen Substanz, wie die kurzstreckigen Fasern. Und zwar entstehen die aufsteigenden Systeme, z. B. die Fasern der Kleinhirnbündel, unmittelbar aus zellenentsprungenen Axencylindern; die absteigenden Systeme, z. B. die Pyramidenstrangbündel, endigen mit freien Endbäumchen in nächster Nachbarschaft der Zellen der grauen Substanz.

Die Untersuchung der Bestandteile der weissen Substanz des Rückenmarkes, und zwar der topographischen Verteilung der in derselben enthaltenen Stränge und des relativen Umfanges der letzteren in verschiedenen Ebenen des Rückenmarkes geschieht am besten einesteils nach der embryologischen Methode, andernteils nach der Methode

---

[1]) In neuerer Zeit ist wenigstens für niedere Wirbeltiere, so für den Frosch, dargethan werden, dass auch die Protoplasmafortsätze der Nervenzellen, ähnlich den Axencylinderfortsätzen, in markhaltige Fasern der weissen Rückenmarkstränge übergehen können. Angesichts dieser Thatsache wird der zuerst von Deiters festgestellte Unterschied beider Fortsatztypen bereits jetzt von einigen Autoren bestritten (Kölliker, Lawdowsky).

der sekundären Degenerationen. Beide Methoden gestatten uns, die weissen Rückenmarksäulen in einzelne Stränge zu sondern, welche leitende Systeme darstellen. Zur Trennung jedes einzelnen Stranges von den umgebenden Teilen eignen sich am besten sowohl die entwickelungsgeschichtliche Methode, als auch die Methode der sekundären Degenerationen; die Längsausdehnung der in diesem oder jenem Strang enthaltenen Fasern lässt sich im wesentlichen nur mit Hilfe der letzteren Methode ermitteln.

Von den Strängen der weissen Rückenmarksubstanz bestehen die einen aus kurzen Fasern; sie dienen zur successiven gegenseitigen Verbindung der einzelnen Segmente der grauen Substanz. Die anderen enthalten lange Fasern; sie verbinden verschiedene Rückenmarksebenen mit den Kernen des verlängerten Markes (Gollsche Bündel der Hinterstränge; fasciculus anterolateralis oder vordereres seitliches Bündel der Seitenstränge) oder steigen ohne Unterbrechung zum Kleinhirn und zu den Hemisphären des Grosshirns empor (direktes Kleinhirnbündel, Pyramidenvorder- und Pyramidenseitenstrang).

Die Schilderung der weissen Substanz beginnen wir zweckmässig mit der Betrachtung der Hinterstränge.

In den letzteren werden schon lange zwei grosse Bündel unterschieden: das eine liegt der hinteren Medianfurche an und besitzt auf Querschnitten die Gestalt eines mit der Basis nach aussen gerichteten Keils: das ist das sg. mediale Bündel der Hinterstränge oder das Gollsche Bündel (Schema 1, *gl*, *gm, gi*; Taf. Fig. I, 1). Das andere Bündel umfasst den übrigen Teil der Hinterstränge und trägt den Namen laterales Bündel der Hinterstränge oder Burdachsches Bündel (Schema 1, *bps, bpm*, *bpa;* Taf. Fig. I, 2, 2″). Beide Bündel sind in der Regel durch ein bindegewebiges Septum von einander geschieden. Ausserdem aber kann als äusseres Charakteristikum beider Bündel die Dicke der Fasern dienen: das Gollsche Bündel enthält stets eine bedeutende Anzahl relativ feiner und dabei ziemlich gleich-

kaliberiger Fasern, das Burdachsche Bündel hingegen enthält Fasern von mehr verschiedenem, mitunter recht beträchtlichem Kaliber.

Schon dieser letztere Umstand veranlasst uns, ungeachtet einiger gegenteiliger Ansichten, die Gollschen Bündel als ganz selbständiges System anzusprechen; zu Gunsten dieser Anschauung spricht unter anderem auch die Thatsache, dass viele Fasern der Gollschen Bündel bedeutend später markhaltig werden, als die Burdachschen Faserbündel.

In pathologischen, mit Compression oder Zerstörung der Rückenmarksubstanz einhergehenden Fällen degenerieren in der Regel beide Bündel der Hinterstränge aufsteigend. Die Degeneration der Gollschen Stränge jedoch reicht dabei gewöhnlich bis hinauf zu den Kernen der zarten Stränge (nucl. funiculi gracilis) im verlängerten Mark, während die Fasern im Burdachschen Bündel nur eine relativ kurze Strecke weit aufwärts vom Orte der Verletzung entarten. Ausserdem weisen Beobachtungen darauf hin, dass ein Teil der Burdachschen Bündel auch eine kurze Strecke weit abwärts vom Orte der Läsion degenerieren kann.[1])

Wir schliessen daraus, dass die Gollschen Bündel hauptsächlich aus langen Fasern bestehen, von welchen ein beträchtlicher Teil ununterbrochen bis zu den erwähnten Kernen des verlängerten Markes emporsteigt. Die Burdachschen Bündel dagegen enthalten vorzugsweise Fasern von geringerer Längsausdehnung, welche zur gegenseitigen Verbindung der einzelnen Segmente der grauen Substanz des Rückenmarkes dienen.

Auf Grundlage der entwickelungsgeschichtlichen Untersuchungsmethode habe ich seinerzeit die Burdachschen Bündel in zwei Abtei-

[1]) Einige Autoren (Sherington, Löwenthal) sahen nach Hirnläsionen bei Tieren Degeneration des gleichseitigen oder beider Hinterstränge auftreten, eine Erscheinung, die mit unseren gegenwärtigen Kenntnissen vom aufsteigenden Verlauf der Hinterstränge in keinem Einklang steht. Es ist übrigens denkbar, dass es sich in diesen Fällen um eine Degeneration der zu den Hintersträngen sich gesellenden Pyramidenbündel gehandelt habe, da ja ein Übertritt von Pyramidenfasern in die Hinterstränge jetzt wenigstens für einige Tierspecies feststeht.

lungen gesondert: eine vordere laterale (Schema 1, *bpa*; Taf. Fig. I, 2″) und eine periphere oder hintere (Schema 1, *bps*; Taf. Fig. I, 2) Abteilung. Die Fasern der ersteren bilden ihre Markscheiden früher als alle übrigen Teile der Hinterstränge, die der letzteren erweisen sich nicht früher als im sechsten Entwickelungsmonat (Foetus von ca. 28 cm Länge) markhaltig.

Späterhin hat Prof. Flechsig, gleichfalls auf Grund entwickelungsgeschichtlicher Untersuchungen, ausser einer vorderen lateralen und einer hinteren Abteilung in den Burdachschen Strängen noch ein mittleres Gebiet (Schema 1, *bpm*; Taf. Fig. I, 2′) gekennzeichnet, welches ich auch an meinen Präparaten nachweisen kann. In diesem mittleren Gebiet sind nach Flechsig kurze Wurzelfasern enthalten, welche weiterhin in das Netz der Clarkeschen Säulen hineintreten. Sämmtliche drei Abteilungen der Burdachschen Bündel bezeichnet Flechsig mit dem Namen „Wurzelzonen", und unterscheidet demgemäss eine vordere, meiner vorderen lateralen entsprechende, eine mittlere und eine hintere Wurzelzone. Übrigens dürfte es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass über den Wurzelfasern in den Burdachschen Bündeln gleichzeitig eine bedeutende Zahl von Fasern verläuft, welche vertikal über einander liegende Bezirke der grauen Masse der Hinterhörner mit einander verbinden.

Im verlängerten Mark setzen sich die Burdachschen Bündel unmittelbar in die sog. keilförmigen Stränge fort, welche in den gleichnamigen Kernen endigen.

Bemerkenswert ist, dass in pathologischen Fällen (bei Tabes dorsalis) nicht selten nur eines der genannten Gebiete der Burdachschen Bündel afficiert ist, während die übrigen verschont geblieben sind. Der krankhafte Process kann je nach seiner Lokalisation, entweder nur das vordere laterale, oder nur das hintere (periphere), oder endlich nur das mittlere Gebiet befallen.

Wie in den Burdachschen, so begegnen wir auch innerhalb der Gollschen Stränge zeitlichen Differenzen in der Entwickelung

der Fasern. Am frühesten, noch vor dem sechsten Monat des intrauterinen Lebens der Frucht, wird in den Gollschen Bündeln eine relativ geringe Zahl von Fasern angelegt, welche grösstenteils zunächst der hinteren Längsfurche sich befindet; das ist die sog. mediane Zone Flechsigs, die in Anbetracht ihrer frühzeitigen Entwickelung mit grösster Wahrscheinlichkeit zu den Wurzelfasern zu zählen ist (Schema 1, *gi*).

Ausser der „medianen Zone" haben wir nach entwickelungsgeschichtlichen Gesichtspunkten noch zwei andere Fasersysteme in den Gollschen Bündeln zu unterscheiden. Das eine, früher angelegte System (Schema 1, *gm*) umfasst einen bedeutenden Teil der Gollschen Bündel und lässt (ausser der medianen Zone) nur einen am weitesten nach aussen gelegenen Bezirk frei, welcher sich in Form eines Streifens an der Grenze des Burdachschen Bündels ausbreitet, zum Teil aber auch in es hineinragt (Schema 1, *gl*). Es enthält also das letztere, seiner Lage nach als intermediäres zu bezeichnende Gebiet vorzugsweise solche Fasern, welche später als alle übrigen Teile der Hinterstränge des Rückenmarkes sich entwickeln.

Was den Ursprung der Gollschen Faserbündel betrifft, so ist zweifellos, dass der grösste Teil derselben — mit Ausnahme der entlang der hinteren Längsfurche gelagerten Fasern der „medianen Zone" — aus der grauen Substanz des Rückenmarkes, speciell aus den Zellen der Hinterhörner, hervorgeht. Da die Gollschen Bündel in die zarten Stränge des verlängerten Markes, die ihrerseits in den gleichbenannten Kernen endigen, übergehen, so ist ersichtlich, dass die Mehrzahl der Fasern der Gollschen Bündel eine Verbindung zwischen verschiedenen Abschnitten der grauen Substanz des Rückenmarkes, speciell den Zellen der Hinterhörner, mit den Kernen der zarten Stränge im verlängerten Marke herstellt. Ein Teil der Fasern der Gollschen Bündel verläuft übrigens nicht ununterbrochen zu den Kernen der zarten Stränge, sondern wird auf seinem Wege durch Einschaltung von zelligen Elementen der Hinterhörner unterbrochen.

Hier sei noch bemerkt, dass an der Grenze zwischen Hinterstrang und Seitenstrang, zum Teil noch innerhalb des ersteren und in der Nähe der Hinterhornspitze, das sog. laterale Wurzelgebiet gelegen ist, welches, wie erwähnt, Fasern des lateralen Bündels der hinteren Wurzeln enthält. Dieses Gebiet, obgleich unmittelbar den Burdachschen Bündeln angrenzend, steht nichtsdestoweniger zu den letzteren in keinerlei Beziehungen.

In den Seiten- und Vordersträngen des Rückenmarkes, zwischen welchen eine eigentliche topographische Grenze fehlt, unterscheiden wir zunächst in der hinteren Partie der Seitenstränge den Pyramidenseitenstrang (Schema 1, *pyp*; Taf. Fig. I, 4); dann lateralwärts von ihm entlang der Peripherie der hinteren Hälfte des Seitenstrangs das sog. direkte Kleinhirnbündel; endlich medianwärts von ihm, in dem Raum zwischen Pyramidenstrang und lateraler Grenze der grauen Substanz, der sog. Grenzschicht der grauen Substanz Flechsigs, noch ein besonderes Bündel, welches ich durch den Namen mediales Seitenstrangbündel (Schema 1, *i*; Taf. Fig. I, 5) kennzeichnen möchte[1]).

Ferner unterscheiden wir ein vorderes seitliches oder vorderes äusseres Bündel (Schema 1, *al*; Taf. Fig I, 6), welches entlang der Peripherie des vorderen Teiles des Seitenstranges unmittelbar vor dem Pyramiden- und Kleinhirnbündel gelegen ist; und endlich das Grundbündel des Seitenstranges (Schema 1, *bl*; Taf. Fig. I, 7, 8), welches sich seinerseits noch in mehrere, entwickelungsgeschichtlich verschiedene Fasersysteme sondern lässt. Das letztgenannte Bündel geht vorne ununterbrochen in das Grundbündel des Vorderstrangs (Schema 1, *ba*; Taf. Fig. I, 9) über, an dessen medialer Seite entlang dem Rande des vorderen Längsspaltes der ungekreuzte An-

[1]) Als Grenzschicht bezeichnet man den Teil der weissen Stränge, welcher am Rande der grauen Substanz medial vom Pyramidenseitenstrang gelegen ist. In diesem Gebiete finden sich jedoch zweierlei Arten von Fasern: die einen gehören dem Grundbündel der Seitenstränge an, die anderen, später ausgebildeten, repräsentieren ein durchaus selbständiges Fasersystem, welches ich eben mediales Bündel genannt habe.

teil des Pyramidenbündels oder der sog. Pyramidenvorderstrang sich hinzieht (Schema 1, *pya*; Taf. Fig. I, 4').

Wir wenden uns jetzt zu einer detaillierten Schilderung der eben bezeichneten Stränge und beginnen mit dem mächtigsten derselben, nämlich dem Grundbündel des Vorder- und Seitenstranges.

Als Grundbündel der Vorder- und Seitenstränge bezeichnet man diejenigen Fasern der letzteren, welche zuerst bei Föten von circa 25 cm Länge markhaltig angetroffen werden, sich also früher als alle übrigen Teile der Vorder- und Seitenstränge ausbilden. Demgemäss sind Lage und Grenzen des Grundbündels am besten auf Schnitten aus dem Rückenmarke solcher Früchte zu ermitteln, die der genannten Entwickelungsperiode entstammen.

Das Grundbündel besitzt auf Querschnitten durch das Rückenmark eine ziemlich beträchtliche, fast überall die ganze Peripherie des Vorder- und Seitenhornes umfassende Ausdehnung. An der vorderen Kommissur beginnend, nehmen die Fasern desselben den ganzen Vorderstrang, mit Ausnahme des an dem vorderen Längsspalt gelegenen Pyramidenbündels ein, ferner das gesamte Übergangsgebiet zwischen Vorder- und Seitenstrang, durch welches die vorderen Wurzeln hindurchtreten, endlich noch einen grossen Teil des vorderen Abschnittes des Seitenstranges. Im Gebiete des letzteren und unmittelbar hinter der Austrittsstelle der vorderen Wurzeln, beginnt, besonders in den oberen Bezirken des Rückenmarkes, die äussere Grenze des Grundbündels allmählich von der Peripherie des Rückenmarkes sich zu entfernen; annähernd in der Ebene des Seitenhorns wendet sie sich dann plötzlich medianwärts und hört endlich an der grauen Substanz in der Gegend zwischen Seiten- und Hinterhorn auf.

Das Grundbündel erstreckt sich also teilweise auch auf jenen Bezirk des Seitenstranges, welcher, zwischen Pyramidenseitenstrang und Hinterhorn gelegen, von Flechsig als „Grenzschicht der grauen Substanz" bezeichnet wurde.

Im übrigen ändern sich die Grenzen des Grundbündels in verschiedenen Ebenen des Rückenmarkes sehr wesentlich.

Etwas abwärts, wo der Pyramidenvorderstrang verschwindet, nehmen die Grundbündelfasern bereits den ganzen Vorderstrang ein; in noch tieferen Ebenen liegt das Grundbündel, entsprechend der bedeutenden Verkleinerung des vorderen seitlichen Bündels, der Peripherie des Seitenstranges fast bis zur vorderen Grenze des Kleinhirnbündels an und erstreckt sich gleichzeitig noch weit in das Gebiet der Grenzschicht des Seitenstranges hinein. Anders im oberen Teil des Halsmarkes: hier entfernt sich das Grundbündel sogar von der Peripherie des Vorderhornes, wodurch hier zwischen Grundbündel und äusserer Oberfläche des Seiten- und Vorderhornes ein feiner Zwischenraum entsteht, welcher zur Aufnahme eines später angelegten Faserbündels Verwendung findet[1]).

Wir hatten oben hingewiesen, dass im Grundbündel nicht ein, sondern mehrere Fasersysteme enthalten sind, die sich durch die Zeitfolge ihrer Entwickelung von einander unterscheiden.

Die zu allererst angelegten Fasern finden wir ungefähr im fünften Monat des intrauterinen Lebens, also bei Foeten von circa 25 cm Länge, markhaltig; zu einer Zeit, wo in den vorderen Wurzeln die Markbekleidung noch nicht beendet ist. Diese Fasern finden sich hauptsächlich in nächster Umgebung des Vorderhornes zerstreut. Nach einiger Zeit, während welcher die vorderen Wurzeln ihre Markscheidenbildung fast beendet haben, finden wir im Grundbündel einen bedeutenden Zuwachs markhaltiger Fasern. Aber noch in dieser Periode kann man, insbesondere in den äusseren Abschnitten des Grundbündels, eine gewisse Zahl zerstreuter markloser Fasern nachweisen, die sich später entwickeln, als die erstgenannten beiden Systeme.

Es ist möglich, dass die beiden zuerstausgebildeten Systeme der Grundbündel in direkter Beziehung zu den vorderen Wurzeln

---

[1]) Dieses Faserbündel bildet vielleicht die centrale Fortsetzung des medialen Bündels der Seitenstränge; jedoch ist nicht ausgeschlossen, dass wir es hier mit einem ganz besonderen Bündel zu thun haben.

stehen. Das dritte, am spätesten ausgebildete System besteht wahrscheinlich aus kurzen Fasern, welche Zellen verschiedener Ebenen der grauen Vorderhörner miteinander verbinden. Zu Gunsten dieser Anschauung über den Ursprung eines Teiles der Grundbündel sprechen unter anderem auch jene oben erwähnten Anhaltspunkte, die uns die Behandlung der Präparate nach Golgi darbietet.

Das Grundbündel des Vorder- und Seitenstranges enthält noch ein gesondertes, in der vorderen Kommissur sich kreuzendes Fasersystem, welches in den Zellen des Hinterhornes, insbesondere der Clarkeschen Säulen, entspringt, zum Teil aber unmittelbar aus den hinteren Wurzeln hervorgeht. (S. oben).

In diesen, von mir zuerst beschriebenen Fasern der vorderen Commissur hat Edinger in neuerer Zeit eine sensible Bahn erkannt, welche im verlängerten Marke zur Schleifenschicht sich gesellt. Kölliker ist bezüglich der erwähnten Fasern der gleichen Ansicht; jedoch giebt er, im Gegensatz zu Edinger, das Vorkommen langer Fasern in dem bezeichneten System nicht zu, sondern hält letztere für eine sensible Bahn zweiter Ordnung. Interessant ist eine hierher gehörige Beobachtung Auerbachs: dieser Autor sah nach Läsion des Hinterhornes und eines Teiles des Seitenstranges der einen Seite eine aufsteigende, allmählich abnehmende Degeneration des Grundbündels der vorderen seitlichen Stränge der anderen Seite auftreten; gleichzeitig konnte er zahlreiche degenerierende Fasern durch die vordere Commissur hindurch verfolgen. In neuerer Zeit fanden Otti und Rossi[1]) nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln unter anderem auch eine diffuse aufsteigende Degeneration der Seitenstrangreste der entgegengesetzten Seite. Diese Beobachtungen sprechen in nicht misszuverstehender Weise für das Vorkommen eines besonderen Fasersystems, welches von den Zellen des Hinterhorns und der Clarke-

---

[1]) Arch. ital. de Biologie 1881.

schen Säulen durch die vordere Commissur hindurch zum Grundbündel des Vorderseitenstranges der anderen Seite verläuft.[1])

Das Vorhandensein verschiedener Fasersysteme innerhalb des Grundbündels der Vorder- und Seitenstränge wird mit Sicherheit auch durch die sekundären Degenerationen bewiesen. Nach Durchschneidung des Rückenmarkes beobachtet man nämlich sowohl aufsteigende, als auch absteigende Degeneration der Grundbündel; freilich auf einer relativ kurzen Strecke. Die absteigende Degeneration betrifft hauptsächlich die peripheren Gebiete des Grundbündels. Im Vorderstrang ergreift die Degeneration in der Regel die Peripherie; lateralwärts dagegen, d. h. im Seitenstrang, entfernt sich das Gebiet der Degeneration allmählich von der Peripherie des Rückenmarkes, verschont also den Bezirk des vorderen äusseren Bündels; jedoch auch hier bleibt die Degeneration im wesentlichen auf die peripheren Gebiete des Grundbündels beschränkt. In den übrigbleibenden, dem Vorderhorne angrenzenden Teilen des Grundbündels finden sich nur geringe Mengen absteigend degenerierender Fasern; um so grösser ist hier dafür die Zahl der sekundär aufsteigend entarteten, bestimmte Strecken aufwärts verfolgbaren Fasern.

Etwas später als das Grundbündel entwickelt sich das sog. Kleinhirnbündel, welches als schmaler Streifen entlang der Peripherie der hinteren Hälfte der Seitenstränge sich hinzieht.[2]) Dieses Bündel (Schema 1, *cl*; Taf. Fig. I, II, III, VI, 3) war bereits Foville bekannt: er machte die Beobachtung, dass bei Neugeborenen an der hinteren Peripherie der Seitenstränge, welche hier noch grau, weil

---

[1]) In einem unlängst publizierten Fall von ausgedehnter gliomatöser Zerstörung des Hinterhorns fand Rossolimo aufsteigende Degeneration der anderseitigen Schleifenschicht; bezüglich einer Degeneration des von uns hier betrachteten Fasersystems jedoch können wir aus der Schilderung dieses Falles leider keinerlei Anhaltspunkte gewinnen.

[2]) Nach meinen Untersuchungen vollzieht sich die Markscheidenbildung im Kleinhirnbündel nicht später als zu Anfang des VI. Fötalmonates, da bei Föten von 25—28 cm Länge das Kleinhirnbündel bereits markhaltig gefunden wird.

marklos, erscheinen, ein Bündel grober markhaltiger Fasern gelegen ist, das durch das verlängerte Mark hindurch bis hinauf zum Kleinhirn sich verfolgen lässt.

Das soeben erwähnte Bündel besteht aus Fasern von durchweg groben Kaliber; es tritt zuerst im obersten Abschnitte der Lendenanschwellung auf. Anfänglich nimmt es äusserst rapid an Umfang zu, so dass es schon in der unteren Hälfte des Dorsalmarkes einen recht beträchtlichen Strang darstellt; weiter aufwärts jedoch wird der Zuwachs bedeutend langsamer.

Das Kleinhirnbündel, welches nach Rückenmarksläsionen gewöhnlich einer aufsteigenden Entartung anheimfällt, kann sowohl mittels der entwickelungsgeschichtlichen Methode, als auch mit Hilfe der sekundären Degeneration aufwärts dicht bis zum verlängerten Marke leicht verfolgt werden. Hier geht es in den strickförmigen Körper über und verläuft darauf zum Oberwurm des Kleinhirns (s. unten).

Was den Ursprung dieses Bündels im Rückenmark betrifft, so unterliegt es keinem Zweifel, dass es aus den Clarkeschen Säulen der entsprechenden Seite hervorgeht, wie wir bereits oben erwähnten.[1]) Wie wir sahen, erstreckt sich das Grundbündel nach hinten auch in das uns als Grenzschicht der grauen Substanz bekannte Gebiet. In letzterem ist jedoch, wie gesagt, noch ein besonderes Bündel zu unterscheiden, welches ich wegen seiner Lage mediales Bündel (Schema 1, *i*; Taf. Fig. I, 5) nenne. Die Fasern dieses letzteren

---

[1]) Die neuerdings von Löwenthal ausgesprochene gegenteilige Ansicht rücksichtlich des Zusammenhanges der Kleinhirnbündel mit den Clarkeschen Säulen kann nicht aufrecht erhalten werden. Dieser Autor bestreitet den Zusammenhang des Kleinhirnbündels mit den Clarkeschen Säulen auf Grundlage dessen, dass er nach Durchschneidung einer Hälfte des verlängerten Markes bei der neugeborenen Katze in der Folge eine ausgesprochene Atrophie der Clarkeschen Säulen konstatierte, während das Kleinhirnbündel unversehrt sich erwies. Hierbei jedoch ist der Umstand offenbar gänzlich unberücksichtigt geblieben, dass die Clarkeschen Säulen nicht allein zu den Kleinhirnbündeln Fasern entsenden, sondern auch zu den Hintersträngen des Rückenmarkes, sowie durch die vordere Commissur zu den vorderen lateralen Grundbündeln, welch' letztere sich in die Formatio reticularis fortsetzen.

entwickeln sich später als die des Grundbündels, aber früher als die Fasern der anderen benachbarten Bündel; Dank diesem Umstande kann das mediale Bündel am fötalen Rückenmarke aus entsprechender Entwickelungsperiode leicht erkannt werden.

Das mediale Bündel (Schema 1, *i*) tritt schon im Brustteil des Rückenmarkes mit Deutlichkeit hervor. Es liegt hier unmittelbar lateralwärts von der grauen Substanz zwischen Seiten- und Hinterhorn, nimmt also einen Teil des Raumes ein, der zwischen Pyramidenseitenstrang und grauer Substanz liegt. Weiter aufwärts rückt es mehr nach vorn, stets aber in der Nähe der grauen Substanz sich hinziehend.

Ueber den Ursprung der Fasern dieses Bündels wissen wir bis jetzt nichts positives. Man muss annehmen, dass es zu Zellen mehr nach hinten gelegener Bezirke der grauen Substanz in Beziehung steht, und dass es aus kurzen Fasern sich zusammensetzt, da eine Entartung desselben beim Menschen noch nicht bemerkt wurde. Beim Kaninchen konnte ich übrigens nach Durchschneidung des Rückenmarkes eine kurze Strecke weit aufwärts vom Orte der Läsion eine aufsteigende Degeneration dieses Bündels nachweisen.

Etwas später als am medialen Bündel vollzieht sich die Markscheidenbildung jenes Teils des vorderen Seitenstrangabschnittes, welcher in den oberen Rückenmarksgebieten unmittelbar lateralwärts vom Grundbündel längs der vorderen Peripherie des Seitenstranges und unmittelbar nach vorne vom vorderen Abschnitt des Kleinhirn- und Pyramidenbündels sich erstreckt. Das ist das sog. vordere laterale oder vordere äussere Seitenstrangbündel (Schema 1, *al*; Taf. Fig. I, II, 6), welches zuerst von Gowers durch Untersuchung der sekundären Degenerationen, und ganz unabhängig davon von mir durch die entwickelungsgeschichtliche Untersuchungsmethode als gesondertes Bündel erkannt worden ist.

Dieses Bündel ist bereits im unteren Teil des Brustmarkes nachweisbar, wo es unmittelbar nach vorne und zum Teil nach aussen vom Pyramidenbündel sich befindet. Aufwärts nimmt es

an Mächtigkeit allmählich zu; in der oberen Hälfte des Brustmarkes liegen seine Fasern zerstreut zwischen den Fasern des hintern Abschnittes des Grundbündels; zum Teil aber sammeln sie sich in dem Winkel zwischen vorderer Grenze des Pyramidenbündels und dem entlang der hinteren Peripherie des Seitenstranges hinziehenden Kleinhirnbündel. Aufwärts von der Halsanschwellung endlich wird es zu einem mehr kompakten Bündel und lagert sich im peripheren Seitenstranggebiet; hier liegt es zum Teil dem vorderen Abschnitt des direkten Kleinhirnbündels an, zum Teil tritt es an die Peripherie des Rückenmarkes und erstreckt sich nach vorne bis zur Austrittsstelle der vorderen Wurzeln.

Zum verlängerten Mark hin lässt sich das vordere äussere Seitenstrangbündel am fötalen Rückenmark bis zur Höhe der vorderen Seitenstrangkerne verfolgen; in den letzteren werden seine Fasern, wie es scheint, unterbrochen.

Im Gefolge durch Krankheitsprozesse bedingter Rückenmarkläsionen tritt, wie Gowers und ich nachwiesen, aufsteigende Degeneration des vorderen äusseren Seitenstrangbündels ein. Da die Degeneration bis an das verlängerte Mark reicht, so müssen wir folgern, dass dieses Bündel aus langen, von einer gegebenen Rückenmarksebene zum verlängerten Mark verlaufenden Fasern besteht. — Es sei hier bemerkt, dass in pathologischen Fällen sekundäre aufsteigende Degeneration des vorderen äusseren Bündels am häufigsten gleichzeitig mit einer solchen des Kleinhirnbündels beobachtet wird. Jedoch sind wiederholt (z. B. von Gowers) auch Fälle beschrieben worden, wo das vordere äussere Bündel getrennt vom Kleinhirnbündel degenerierte. Interessant sind in dieser Beziehung die neueren Untersuchungen Barcacci's:[1]) er fand nach Rückenmarkläsion im Gebiet des XII. Brustwirbels in den Seitensträngen isolierte aufsteigende Degeneration des vorderen äusseren Bündels, und erst

[1]) Centr. für allg. Path. u. Path. Anat. 1891.

nach Läsionen in der Höhe des VI. Brustnerven auch gleichzeitige Degeneration des Kleinhirnbündels.

Über die Ursprungsverhältnisse des vorderen äusseren Bündels im Rückenmark ist noch nichts feststehendes bekannt. Ich kann auf Grund meiner Präparate nur soviel sagen, dass in das Gebiet dieses Bündels Fasern aus den mittleren Teilen der grauen Substanz eintreten.

Später als alle anderen Teile der Vorder- und Seitenstränge, am spätesten von allen Strängen des Rückenmarkes überhaupt, entwickeln sich die s. g. Pyramidenbündel (Schema 1, *pyp*, *pya*; Taf. Fig. I, 4, 4'). Sie verdanken ihren Namen dem Umstande, dass sie spinale Fortsetzungen der Pyramiden darstellen. Wie erwähnt, bestehen sie aus einem direkten oder ungekreuzten Bündel, welches die innerste Partie des Vorderstranges bildet, und einem mächtigeren gekreuzten Bündel. Letzteres liegt in der hinteren Hälfte des entgegengesetzten Seitenstranges in dem Raum, welcher aussen vom Kleinhirnbündel, vorne von der hinteren Partie des vorderen äusseren und des Grundbündels, innen vom medialen Bündel, hinten vom lateralen Wurzelgebiet begrenzt wird.

Umfang und Lage des Pyramidenbündels im Rückenmark weisen bedeutende individuelle Schwankungen auf. In äusserst seltenen Fällen fehlt die Pyramidenkreuzung vollständig; dann finden sich die Pyramidenbündel auch nur in den Vordersträngen. Relativ selten sind auch die Fälle von einseitigem Fehlen der Pyramidenkreuzung, wo in der einen Rückenmarkshälfte vollständiger Mangel des Pyramidenseitenstranges besteht, während um so mächtiger der Pyramidenvorderstrang derjenigen Seite ausgebildet ist, welche der ungekreuzt gebliebenen Pyramide entspricht.

Etwas häufiger beobachtet man totale Kreuzung beider Pyramiden: in diesen Fällen finden sich im Rückenmark nur Pyramidenseitenstränge, und Pyramidenvorderstränge fehlen ganz. Auch sind Fälle zu constatieren, wo die eine Pyramide eine totale, die andere eine partielle Kreuzung erfährt; hierbei ist die eine Rückenmarks-

hälfte durch vollständigen Mangel des Pyramidenvorderstranges ausgezeichnet, während die andere einen solchen aufweist.

Am allerhäufigsten ist partielle, wenn auch meist ungleichmässige, Kreuzung beider Pyramiden, und infolgedessen in jeder Rückenmarkshälfte je ein Pyramidenvorderstrang und je ein Pyramidenseitenstrang zu finden.

Weiter finden wir, dass sowohl die Lage der Pyramidenbündel, als auch ihre relativen Dimensionen in den Vorder- und Seitensträngen bedeutenden Schwankungen unterliegen. Die Schwankungen der Lage der Pyramidenbündel gehen natürlich mit einer relativen Lageveränderung der benachbarten Bündel Hand in Hand. Jedoch sind mehr oder weniger ausgesprochene Abweichungen der Lage der Pyramidenbündel im ganzen nicht sehr häufig.

Eine grössere Wichtigkeit kommt meiner Meinung nach den relativ häufig, man könnte sagen, ganz gewöhnlich auftretenden Schwankungen der relativen Mächtigkeit der Pyramidenvorder- und Pyramidenseitenstränge zu, auf welche zuerst Flechsig hingewiesen hat. Nach Flechsig besteht zwischen dem ungekreuzten Pyramidenvorderstrang und dem gekreuzten Pyramidenseitenstrang eine derartige Wechselbeziehung, dass bei relativ starker Ausbildung eines der Pyramidenseitenstränge der Pyramidenvorderstrang der anderen Seite nur relativ wenig entwickelt ist, und vice versa. Dieses Gesetz gilt nach meinen Beobachtungen für die grosse Mehrzahl der Fälle. Es scheint darauf hinzuweisen, dass die Kreuzung der Pyramiden beim Menschen nur scheinbar eine partielle ist, dass sie vielmehr später in der vorderen Rückenmarkscommissur vervollständigt wird. In diesem Sinne hat neuerdings auch Lenhossék sich geäussert.[1])

Unabhängig hiervon macht sich ziemlich häufig eine ungleichmässige Ausbildung der Pyramiden und gleichzeitig auch der entsprechenden Pyramidenstränge bemerkbar. In einigen Fällen er-

---

[1]) Lenhossék, Anat. Anzeiger 1889.

scheinen die Pyramiden resp. die zugehörigen Pyramidenstränge überhaupt relativ klein, in anderen Fällen relativ gross.

Endlich ist von den Pyramidenvordersträngen noch anzuführen, dass, wie ich mich überzeugen konnte, abgesehen von ihrer Mächtigkeit in einzelnen Fällen auch ihre Länge beträchtlichen Schwankungen unterliegt. In einer Reihe von Fällen reicht der Pyramidenvorderstrang nahezu bis zur Mitte des Brustmarkes oder noch tiefer abwärts, in anderen Fällen nur bis zum oberen Abschnitt des Dorsalmarkes, und in noch anderen Fällen hört er schon im Halsmarke auf. Auch nach dieser Richtung bestehen keinerlei constante Wechselbeziehungen zwischen den beiderseitigen Bündeln.[1])

Ohne Zweifel spielen viele der eben besprochenen Schwankungen der Dimensionen und der Kreuzungsverhältnisse der Pyramidenbündel auch in der klinischen Medicin, sowie in der pathologischen Anatomie eine Rolle; dieser Umstand rechtfertigt die grössere Ausführlichkeit der Schilderung obiger Verhältnisse. Bei dieser Gelegenheit darf nicht unerwähnt bleiben, dass auch die anderen Stränge des Rückenmarkes in Bezug auf Lage und Grösse nicht unbeträchtliche Schwankungen aufweisen; die letzteren finden sich insbesondere am vorderen äusseren und am Kleinhirnbündel ausgeprägt, sind jedoch hier bei weitem nicht so gross, wie bei den Pyramidenbündeln.

Innerhalb der Kleinhirnbündel finden sich, wie ich unlängst dargethan habe, zerstreute Fasern eingelagert, welche einer etwas früheren Entwickelungsphase entstammen. Diese Fasern bilden

---

[1]) Beachtenswert ist die grosse Mannigfaltigkeit der relativen Ausbildung der Pyramidenstränge bei verschiedenen Tierspecies. Dabei erweist sich, dass die Mächtigkeit der Pyramidenstränge in direktem Verhältnis steht zum Grade der Anpassung der Gliedmassen eines Tieres an die Ausführung einzelner Bewegungen nach Art von Werkzeugen (ähnlich der Hand). Grosse Unterschiede bei Tieren bietet auch die relative Lage der Pyramidenbündel. Bei den meisten Wirbeltieren, sogar bei den höheren (Hund, Katze), fehlt der Pyramidenvorderstrang gänzlich; bei einigen (Ratte, Maus, Meerschweinchen) liegen die Pyramidenstränge nicht in den Seitensträngen, sondern, wie ich und Lenhossék bewiesen, im vorderen Teile der Hinterstränge.

offenbar ein ganz selbständiges System. Denn bei sekundärer absteigender Degeneration der Pyramidenstränge im Gefolge von Hirnläsionen findet sich innerhalb der letzteren constant eine gewisse Anzahl nicht degenerierter Fasern, welche aller Wahrscheinlichkeit nach mit den eben erwähnten früher ausgebildeten Fasern identisch sind.

Leider ist über das endliche Schicksal dieser Fasern bisher noch sehr wenig bekannt. Es ist denkbar, dass wenigstens ein Teil derselben aus dem Kleinhirn stammt und sich innerhalb der Brücke zu den Pyramidensträngen gesellt. Zu Gunsten dieser Annahme spricht erstens der Umstand, dass die erwähnten Fasern oberhalb der Brücke, wenn überhaupt, so nur in sehr unbedeutender Anzahl angetroffen werden; andererseits die Thatsache, dass nach Entfernung einer Kleinhirnhälfte unter anderem eine absteigende Degeneration der entsprechenden Pyramidenbündel und sogar der vorderen Wurzeln beobachtet wurde.[1])

Sehr beachtenswert ist ferner der Umstand, dass das Gebiet der sekundären Degeneration der Pyramidenseitenstrangbündel merklich kleiner ausfällt, als das marklose Gebiet der letzteren bei der Untersuchung nach entwickelungsgeschichtlicher Methode. Dies scheint dafür zu sprechen, dass in dem marklosen, der Lage der Pyramidenstränge entsprechenden Gebiete, ausser den letzteren noch ein anderes System von Fasern enthalten ist, welches in absteigender Richtung nicht entartet. Leider sind unsere Kenntnisse hierüber noch sehr lückenhaft.

---

[1]) Marchi, Rivista sperimentale di freniatria XIII. 1888.

III. Kapitel.

Von der Faserung des Hirnstammes.

Ein beträchtlicher Teil der grauen Substanz des Hirnstammes tritt in Gestalt mehr oder minder isolierter Inselchen oder Nester auf, die durch Bündel weisser Fasern von einander getrennt sind. Die letzteren verlaufen hier unter gegenseitiger Kreuzung und Durchflechtung nach den verschiedensten Richtungen hin, wodurch der zu schildernde Hirnteil einen so komplizierten Bau erhält, wie ihn kein anderes Gebiet des Centralnervensystems aufweist.

Zu allernächst wollen wir uns hier zu einer Betrachtung der Nester grauer Substanz wenden, deren gegenseitige Verknüpfungen und Beziehungen das Thema der folgenden Darstellung bilden.

Die graue Säule des Rückenmarkes erfährt bei ihrem Übertritt in die Oblongata eine Reihe eigenartiger, ihre äussere Form erheblich beeinflussender Veränderungen. Vor allem beginnen die Hinterhörner schon im oberen Halsmark allmählich lateralwärts auseinander zu rücken; hierbei werden sie, entsprechend der hier platzgreifenden Vergrösserung des Rückenmarkquerschnitts, merklich in der Längsrichtung ausgezogen, während ihre Basis sich verschmälert. Gleichzeitig beginnen aus der Basis des Hinterhorns bedeutende, in der Richtung nach hinten stetig zunehmende Anhäufungen grauer Substanz sich vorzuwölben, von welchen die innere mehr birnförmige, die äussere mehr keilförmige Gestalt an-

nimmt. Das sind die Kerne der zarten Stränge (*nfg*, Taf. Fig. VI, II) und der Keilstränge (*nfc*, Taf.; Fig. VI, II), in welchen die Fasern der gleichnamigen Bündel enden. Beide Kerne, von welchen der erstere etwas tiefer beginnt, als der letztere, erstrecken sich aufwärts einige Millimeter oberhalb des Calamus scriptorius. Hier hört wiederum der Kern des ersteren tiefer auf, als der des letzteren.

Der Kern des Keilstranges, welcher eine relativ zum Kern des zarten Stranges beträchtliche Grösse besitzt, besteht eigentlich aus zwei Teilen: dem medialen und lateralen Kern. Beide liegen dicht bei einander, unterscheiden sich aber von einander sowohl strukturell, als auch in ihren Beziehungen zu anderen Hirnteilen. Der laterale oder äussere Kern besteht hauptsächlich aus den grossen Zellen des ersten Typus von Golgi; im inneren Kern dagegen finden sich neben diesen unverhältnismässig häufig auch Zellen des zweiten Typus von Golgi [Blumenau].

Noch vor dem Übergang des Rückenmarks in das verlängerte Mark tritt in dem Winkel zwischen Seiten- und Hinterhorn ein Balkenwerk aus grauer Substanz auf, durch welches weisse Faserbündel hindurchtreten. Diese als Processus reticularis bekannte Formation bildet im unteren Abschnitt des verlängerten Marks die Grundlage des nahe seiner Seitenfläche gelegenen vorderen und hinteren Seitenstrangkerns (*nla, nlp,* Taf. Fig. VI und II).

Der erstere dieser Kerne steht allem Anscheine nach in Beziehung zu dem vorderen äusseren Bündel des Rückenmarks (Taf. Fig. II und VI, 6); ob aber der hintere, etwas höher und zunächst dem Hinterhorne gelegene Kern in Beziehung zu Rückenmarksträngen steht, ist bis jetzt nicht bekannt.

Die Übergangsstelle des Rückenmarks in die Oblongata wird bekanntlich durch die Pyramidenkreuzung gekennzeichnet. Die Pyramidenkreuzung bewirkt eine Abschnürung des Vorder- und Seitenhorns von der übrigen Masse der grauen Substanz. Das Vorderhorn verwandelt sich durch allmähliche Einlagerung einer grossen Zahl von Fasern in die sog. Formatio reticularis der Oblongata,

welche zerstreute, vieleckige Zellen von beträchtlicher Grösse einschliesst. Bald wird auch die Basis des Hinterhorns von zahlreichen Fasern durchsetzt; die Formatio reticularis nimmt dadurch schnell an Ausdehnung zu, während die Substantia gelatinosa des Hinterhorns mehr oder weniger vollständig von der übrigen grauen Substanz abgeschnürt wird und sich aufwärts als besondere Formation fortsetzt, welche die aufsteigende Trigeminuswurzel begleitet.

Während sich die sog. untere Kreuzung vollzieht und die Pyramiden des verlängerten Marks sich ausbilden, treten zu beiden Seiten der letzteren als Fortsetzung der Reste der Vorderhörner zwei neue Formationen auf, die sog. unteren Oliven (*oi*, Taf. Fig. II und VI). Diese repräsentieren je ein gefälteltes Blättchen grauer Substanz. Sie erstrecken sich aufwärts bis zur Höhe des unteren Teiles der Brücke und bedingen an der Vorderfläche des verlängerten Marks je eine Hervorragung von beträchtlicher Ausdehnung zu beiden Seiten der Pyramiden. In nächster Nachbarschaft der Oliven, und zwar nach hinten und medianwärts, liegen zwei kleinere Formationen, welche in äusserer Form und Struktur vollkommen mit den Oliven übereinstimmen und daher Nebenoliven (Taf. Fig. II, *ois*) heissen[1]).

In ziemlich derselben Höhe nach vorne, nur etwas höher, auch medial von den Pyramiden findet sich eine kleine Anhäufung grauer Substanz, das ist der bogenförmige oder Pyramidenkern (n. arciformis s. arcuatus), welcher im übrigen zu den Fasern der Pyramiden selbst in keinen näheren Beziehungen steht. Dieser Kern geht unmittelbar in die Brückenkerne über (*np*, Taf. Fig. VI, III, IV), auf welche wir später noch zurückkommen.

Im hinteren Teile des verlängerten Marks, mit der Eröffnung des Centralkanals, beginnen die Kerne der Hinterstränge allmählich

[1]) Neuere Untersuchungen von Vincenzi haben jedoch gezeigt, dass die Zellen der Nebenolive sich durch einen etwas anderen Bau auszeichnen, als die Zellen der unteren Oliven, und dass die unteren Oliven bei der Katze nur Zellen der Nebenoliven enthalten. Atti della R. Academia medica di Roma 1886—1887. Edingers Bericht in Schmidts Jahrbüchern 1887.

mehr und mehr lateralwärts auseinanderzurücken. Medial von ihnen aber treten in der den Boden des IV. Ventrikels in Form einer Scheibe auskleidenden grauen Substanz allmählich die Kerne von Hirnnerven: *hypoglossus, vagus, glossopharyngeus* hervor. Übrigens tritt der durch bedeutende Länge ausgezeichnete Hypoglossuskern in der Nähe des Centralkanals vor Eröffnung des letzteren, also unterhalb des Calamus scriptorius, zuerst auf, und steht hier in direktem Zusammenhang mit der den Centralkanal umgebenden grauen Substanz.

In dieser Höhe stossen wir im inneren Bereich des verlängerten Marks noch auf zwei kleinere Formationen. Die eine, lateral gelegene, ist der motorische oder vordere Vaguskern (n. ambiguus); die andere, in den inneren Bezirken der Formatio reticularis unmittelbar medianwärts von den Wurzeln des Hypoglossus gelegen, ist zuerst von N. A. Misslawsky unter der Bezeichnung respiratorischer Kern beschrieben worden; Obersteiner bezeichnete sie, der Lage entsprechend, als Vorderstrangkern, nucleus funiculi anterioris (Taf. Fig. II, VI, *nrp*). Beachtenswert ist noch eine besondere, im Grau der Rautengrube über dem Hypoglossuskern gelegene Formation, welche als Kern des runden Stranges (nucleus funiculis teretis) bezeichnet wird.

Auf höherliegenden, in der Ebene des oberen Bereiches der unteren Oliven dorsalwärts von letzteren geführten Schnitten treffen wir zu beiden Seiten der Raphe auf beträchtliche, keine scharfe Abgrenzung aufweisende Anhäufungen grauer Substanz; innerhalb zahlreicher hier verlaufender markhaltiger Fasern enthalten sie grosse multipolare Ganglienzellen. Diese Formationen sind als untere centrale Kerne oder als Rollersche Kerne bekannt (Taf. Fig. II, VI, *nci*).

Ungefähr in derselben Höhe, zwischen dem oberem Abschnitt der unteren Olive und der Substantia gelatinosa des Trigeminus beginnt der Facialiskern. Ferner tritt nahe der dorsalen Oberfläche der Oblongata der sog. innere Kern des Akustikus auf, und un-

mittelbar nach aussen von letzterem der grosszellige Deitersche Kern (Taf. Fig. III, VI, *n. D*). Endlich trifft man im äussersten Bezirk des verlängerten Markes, entsprechend der Eintrittsstelle des Akustikus in das Gehirn, den vorderen oder lateralen Kern des Akustikus (Taf. Fig. III, *naa*) und das sog. Tuberculum acusticum.

Beim Übergang des verlängerten Markes in die Brücke treten nach innen und zum Teil ventralwärts von den Kernen des Facialis neue graue Massen auf, das sind die oberen Oliven (Taf. Fig. III, IV, VI *os*).

In nächster Nachbarschaft der oberen Oliven unterscheiden wir innerhalb der hier transversal durchtretenden Fasern des corpus trapezoides noch einige kleinere graue Nester, welche als Kerne des corpus trapezoides (Taf. Fig. III, *ntr*) bezeichnet werden können. In derselben Höhe findet sich, nahe dem lateralen Winkel der Rautengrube, ein besonderer, zuerst von mir beschriebener Kern (Taf. Fig. III, IV *nv*), welcher die Fasern des Ramus vestibularis nervi acustici aufnimmt (nucleus angularis; nucleus nervi vestibularis; Bechterewscher Kern nach der Nomenclatur Raubers und Obersteiners). An der Umbiegungsstelle der Facialiswurzel treffen wir den Kern des Abducens (VI, Taf. Fig. III und VI). Zu beiden Seiten der Raphe beginnen ferner in den ventralen Bezirken der oberen Etage mächtige graue Kerne aufzutreten, welche mit den grauen Massen der Schleife und der Brücke zusammenhängen; sie erscheinen als ein grosser Vorsprung dieser grauen Massen in das Gebiet der Haube hinein. Diese Kerne bedingen längs der äusseren Seite recht beträchtliche, flügelartige Vorwölbungen und werden in transversaler Richtung von zahlreichen Fasern durchsetzt, welche aus der Raphe in den seitlichen Bereich der Formatio reticularis eintreten. Dadurch erhält das Innere dieser Kerne einen netzartigen Bau, um dessen willen ich letztere zuerst unter der Bezeichnung nuclei reticulares tegmenti oder Kerne der oberen Brückenhaube (Taf. Fig. III, VI, IV *nrt*) beschrieben habe.

Etwas weiter aufwärts begegnet man in der Höhe der Trigeminuswurzeln zwei neuen grauen Bildungen — dem motorischen und sensorischen Kern der Trigeminuswurzel. In dieser Gegend ist der Nucleus reticularis tegmenti zur vollen Entfaltung gelangt.

Noch etwas mehr aufwärts, nahe dem oberen Winkel des IV. Ventrikels findet sich eine Zellgruppe, welche den Ursprung der absteigenden Trigeminuswurzel darstellt. Ventralwärts und etwas nach innen davon liegt der sog. Locus coeruleus oder die Substantia ferruginea. In den Seitenteilen der Brückenhaube, innerhalb der lateralen Schleife, begegnet man einer besonderen Anhäufung grauer Substanz, welche unter der Bezeichnung Kern der lateralen Schleife (Taf. Fig. IV, VI *nl*) bekannt ist. Ungefähr in der gleichen Höhe finde ich im centralen Bereich der Formatio reticularis eine wenig umfangreiche Anhäufung grosser Zellen, welche innerhalb weisser Fasermassen eingelagert sind und dadurch an den unteren centralen Kern erinnern. Da diese Zellanhäufung, so viel ich weiss, bis jetzt noch nicht beschrieben ist, so möchte ich sie als lateralen oberen centralen Kern (nucleus centralis superior lateralis) bezeichnen.[1])

Wenn wir endlich unmittelbar hinter dem hinteren Vierhügel einen Schnitt führen, so finden wir ausser den erwähnten Formationen noch eine Anhäufung grauer Substanz zu beiden Seiten der Raphe, welche ich als oberen centralen Kern (Taf. Fig. VI, IV *ncs*) beschrieben habe; zum Unterschied von dem vorigen kann dieser als innerer oberer centraler Kern (Nucleus centralis superior medialis) bezeichnet werden. Ferner finden wir in der unteren Brückenetage auf der ganzen, vom oberen Ende der unteren Oliven bis zur Ebene des hinteren Vierhügels reichenden Strecke mächtige Anhäufungen grauer Massen; diese liegen teils in den

---

[1]) Dieser Kern kann am Katzen- und Hundehirn sehr deutlich gesehen werden, wenn man Schnitte in der Ebene zwischen dem hinteren Vierhügel und Kleinhirn macht. Die Zellen desselben sind bei diesen Tieren so gross, dass sie schon mit unbewaffnetem Auge als einzelne Punkte zu erkennen sind.

dorsalen inneren Partien der Brücke, teils in den ventralen äusseren und werden Brückenkerne genannt. Unmittelbar nach vorne oder aufwärts von der Brücke (d. h. cerebralwärts) liegt dorsal das Ganglion interpedunculare [Gudden] (Taf. Fig. VI und V, *gi*), bei Tieren sehr deutlich, im menschlichen Gehirn aber nur sehr wenig ausgeprägt.

Auf Schnitten in der Ebene des hinteren Vierhügels finden wir von neuen Formationen den Kern des hinteren Vierhügels (Taf. Fig. VI, V, *cqi*), welcher der Lage nach der Erhebung des hinteren Vierhügels entspricht, und den Kern des Trochlearis. Etwas höher, in der Ebene zwischen hinterem und vorderem Vierhügel, treffen wir im lateralen Bereich der Haube auf eine neue, weniger umfangreiche Bildung, welche ich unter der Bezeichnung Nucleus lemnisci lateralis (Taf. Fig. V, VI, *nll*) zuerst beschrieben habe. Um Verwechselungen mit dem oben erwähnten Kern der lateralen Schleife zu vermeiden, halte ich es, entsprechend dem ursprünglichen Vorschlag Prof. Flechsigs, gegenwärtig für richtiger, den erwähnten Kern als Corpus parabigeminum zu bezeichnen.

In der Höhe des vorderen Vierhügels stossen wir im ventralen Bereich der grauen Massen des Aquaeductus Sylvii, welche eine unmittelbare Fortsetzung der grauen Substanz der Rautengrube darstellen, zum ersten Mal auf Zellenanhäufungen, welche den Hauptkernen des Oculomotorius entsprechen; etwas höher findet sich der innere oder mediale, und darauf folgt der obere Kern des Oculomotorius (Taf. Fig. V, *n* III). Ventralwärts und etwas lateralwärts von den Kernen des Oculomotorius liegen die sog. roten Kerne (Taf. Fig. V, VI, *nr*); noch mehr lateralwärts und näher der Basis des Pedunculus cerebri breitet sich die Substantia nigra Sömmerringii (Taf. Fig. V, VI, *sn*) aus, welche hier die Haube von der Basis trennt. Ausserdem finden wir in der Tiefe der Grosshirnschenkel noch eine kleinere, längliche, konisch geformte Anhäufung grauer Substanz. Diese liegt zwischen rotem Kern und Substantia nigra schräg zur Sagittalebene und nimmt die Fasern des Tractus

peduncularis transversus in sich auf, weshalb sie auch mit dem Namen Nucleus tractus peduncularis transversi bezeichnet werden kann.

Annähernd in derselben Ebene liegt zwischen rotem Kern einerseits und der an die laterale Oberfläche des verlängerten Markes hinausrückenden Schleifenschicht andererseits eine ziemlich umfangreiche Anhäufung grauer Massen, welche zuerst von mir unter der Bezeichnung Nucleus innominatus (Taf. Fig. V, VI, *ni*) beschrieben worden ist.[1])

Noch höher stossen wir, dorsalwärts vom vorderen Vierhügel, auf ein Gebilde, welches unter dem Namen Glandula pinealis bekannt ist und jetzt, entgegen der Ansicht Schwalbes, Cioninis und anderer, als ein, Nervenfasern enthaltendes Organ (Darkschewitsch, Edinger)[2]) erkannt worden ist. Weiter finden wir das Corpus subthalamicum oder den Luysschen Kern (Taf. Fig. VI, *cL*), den Globus pallidus des Linsenkerns (Taf. Fig. VI, *gp*), den Nucleus habenulae (Taf. Fig. VI, *nh*) und den Thalamus opticus (Taf. Fig. VI, *th*) mit dem ihm angrenzenden Corpus geniculatum mediale und laterale (Taf. Fig. V, VI, *cgi, cge*), welch letztere noch in eine Reihe besonderer Kerne eingeteilt werden können. An der Basis cerebri endlich finden wir ausser dem Grau des III. Ventrikels (Taf. Fig. VI, *sgc*), der unmittelbaren Fortsetzung des Höhlengraus des Aquaeductus Sylvii, noch die sog. zitzenförmigen Kerne (Corpora mamillaria) — (Taf. Fig. VI, *cc*) und das Tuber cinereum.

Zu betonen ist, dass der Sehhügel in seinem Inneren noch mehrere gesonderte Bildungen aufweist. Wir unterscheiden in ihm 1) einen medialen oder Hauptkern, auch innerer Burdachscher

---

[1]) S. Neurolog. Centralblatt Nr. 21. 1885.

[2]) Neuere interessante Untersuchungen lassen schliessen, dass die Glandula pinealis in der That ein Rudiment des dritten oder Parietalauges repräsentiert, dessen Vorkommen bei einigen Eidechsenspecies durch die Untersuchungen von Graaf, Spencer und Miclucho-Maclay bewiesen ist.

Kern genannt, mit welchem das Pulvinar in direktem Zusammenhang steht; 2) einen oberen oder vorderen Kern (Taf. Fig. VI, *na*), nach vorn vom medialen gelegen; 3) einen lateralen, von zahlreichen markhaltigen Fasern durchsetzten Kern (Taf. Fig. VI, *npe*), und 4) einen kleinen mittleren Kern (Centre median von Luys), zwischen medialem und lateralem Kern gelegen.

Ausserdem ist von W.F. Tschish (Laboratorium von Prof. Flechsig) innerhalb des Thalamus opticus noch ein besonderer schalenförmiger Körper beschrieben worden; derselbe liegt zwischen mittlerem Kern und den Fasern, welche vom roten Kern zum lateralen Kern des Sehhügels verlaufen.

Was die Corpora mamillaria betrifft, so müssen wir nach Gudden in denselben eigentlich zwei Teile oder zwei Kerne unterscheiden, welche sich durch ihre Verbindungen von einander unterscheiden: einen medialen und einen lateralen Kern.

Endlich schliesst auch das Tuber cinereum mehrere Kerne ein. Nach Lenhossék müssen wir in demselben drei mehr oder weniger deutlich abgegrenzte Kerne unterscheiden. Unmittelbar vor und über dem Tractus opticus den Nucleus supraopticus; unmittelbar nach hinten von diesem einen vordern, und noch mehr nach hinten einen hinteren lateralen Kern des tuber cinereum.

Ueber die physiologische Rolle vieler der namhaft gemachten Gebilde sind unsere Kenntnisse gegenwärtig noch äusserst lückenhaft. Abgesehen von den Kernen der Hirnnerven, deren Bedeutung — allerdings auch nicht bei allen — schon aus ihren anatomischen Beziehungen zu den abgehenden Wurzeln hervorgeht, beschränken sich unsere Kenntnisse über die Physiologie der genannten Formationen in kurzem auf folgendes:

Die unteren Oliven haben, wie ich aus Tierversuchen erschliessen konnte, zweifellos Beziehungen zur Gleichgewichtserhaltung des Körpers. Damit steht auch die Thatsache in vollster Harmonie, dass die unteren Oliven, wie wir später sehen werden, in direktem Zusammenhang mit dem Kleinhirn stehen. Auf Grundlage von mir

ausgeführter Tierversuche müssen wir den dem III. Ventrikel benachbarten, streng anatomisch noch nicht erforschten Gebieten ebenfalls sehr nahe Beziehungen zur Funktion der Gleichgewichtserhaltung zuschreiben. Eine gewisse, allerdings noch nicht genügend aufgeklärte Beziehung zu den Gleichgewichtsfunktionen kommt auch den Brückenkernen zu, welche, wie wir unten sehen werden, in grosser Ausdehnung mit den Kleinhirnhemisphären verbunden sind.

Was die Kerne der Formatio reticularis anlangt, so unterliegt es keinem Zweifel, dass sie als sehr wichtige Reflex-Centren eine Rolle spielen, wenn es auch — von wenigen Ausnahmen abgesehen — nicht mit Sicherheit feststeht, welcher Art Reflexe durch die Vermittelung dieses oder jenes grauen Kerns übertragen werden. Nur so viel wollen wir hier anführen, dass der Vorderstrangkern nach den Versuchen von N. A. Misslawsky als respiratorisches Centrum anzusprechen ist, und dass der unterste centrale Kern seiner Lage nach fast genau der Lokalisation des vasomotorischen Centrums entspricht, was zu der Voraussetzung berechtigt, dass die Funktion dieses Centrums durch die Vermittelung des erwähnten Kerns vor sich geht. — Unterdessen hat der Nucleus reticularis, nach seinen Verbindungen, von welchen später die Rede sein wird, zu urteilen, höchstwahrscheinlich die Bedeutung eines besonderen motorischen Centrums.

Welche Bedeutung den oberen centralen Kernen für die Reflexthätigkeit des Organismus zukommt, können wir gegenwärtig nicht im mindesten beurteilen. Was dagegen die grauen Nester des lateralen Feldes der Formatio reticularis betrifft, so können hier einige Überlegungen bezüglich der Funktion der oberen Oliven Erwähnung finden. Da die letzteren, abgesehen von ihrer Verbindung mit dem vorderen Kern des Acusticus [Nucleus anterior Meynerts], noch mit dem Kern des Abducens in Zusammenhang stehen, so können wir ihnen mit vollem Recht die Rolle eines die reflektorischen Augenbewegungen beherrschenden Centrums zuerteilen. Zu Gunsten dieser Annahme spricht auch der Zusammenhang der oberen Oliven

mit dem Kleinhirn; denn mehr oder weniger umfangreiche Läsionen des letzteren haben, wie bekannt, stets Störungen der Stellung und der Reflexbewegungen der Augäpfel zur Folge.

Aus der Reihe der übrigen grauen Nester des Gehirnstammes wollen wir hier nur noch die Funktionen der beiden wichtigsten Gehirnformationen — der Vierhügel und der Sehhügel mit einigen Worten berühren.

Function of Antr. & Postr. Corp. Quad.

Der vordere Vierhügel hat, wie Versuche gelehrt haben, innige Beziehungen zur Gesichtsfunktion. Die Richtigkeit dieser Thatsache geht übrigens schon aus dem Umstand hervor, dass der vordere Vierhügel mit den Corpora geniculata externa Ganglien repräsentieren, in welchen die Fasern der Sehnerven eine Unterbrechung erfahren. Die Bedeutung der hinteren Vierhügel ist jedoch bis jetzt noch nicht aufgeklärt. Die näheren Beziehungen derselben zum vorderen Acusticuskern, welche durch die laterale Schleife und durch Fasern des Corpus trapezoides vermittelt werden, lassen die Annahme berechtigt erscheinen, dass sie bei der Gehörfunktion eine Rolle spielen. Andrerseits ist kaum daran zu zweifeln, dass die hinteren Vierhügel auch zur Bewegungsfunktion in näheren Beziehungen stehen und die Bedeutung eines besonderen motorischen oder koordinatorischen Zentrums haben.

Function of optic thalamus.

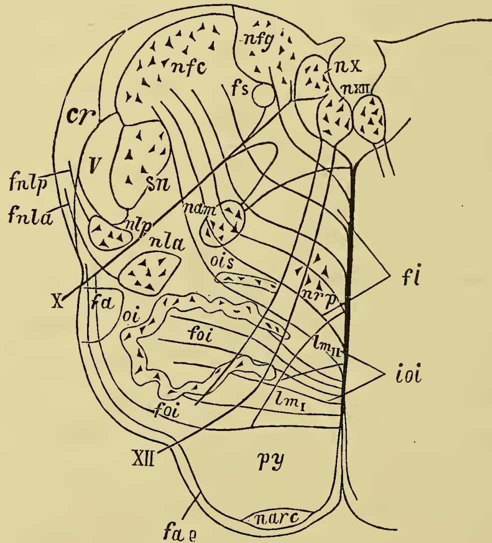
Was die Sehhügel anlangt, so komme ich auf Grund von Tierversuchen und der Beobachtung einiger pathologischer Fälle zu dem Schluss, dass diesen Kernen im wesentlichen motorische Funktionen zukommen; und zwar beherrschen sie hauptsächlich die unwillkürliche Bewegung, sowohl der inneren Organe, wie Herz, Magen, Darmkanal, Harnblase u. s. w., als auch des äusseren Bewegungsapparates, d. h. der Muskeln, sowie endlich jene unwillkürlichen Bewegungen, die als Ausdruck unserer Empfindungen und Affekte (durch Vermittelung sog. Affektbewegungen oder Psychoreflexe) auftreten. Ausserdem repräsentieren die Thalami offenbar Centren, durch deren Vermittelung die äussere Haut, insbesondere den Tastsinn treffende und höchstwahrscheinlich auch von anderen specifischen Sinnes-

organen ausgehende Reize komplizierte und vielgestaltige Reflexbewegungen in den verschiedensten Körperteilen auslösen.

Wir gehen nunmehr zur Betrachtung der Faserung des Hirnstammes über; vor allem muss hier die Endigung der Gehirnnervenwurzeln im Stammteil Berücksichtigung finden.

Von den Kopfnerven treten die Wurzeln sämtlicher Paare, mit Ausnahme des ersten und des Rückenmarksteils des elften, in den Hirnstamm hinein. Es soll hier nicht unsere Aufgabe sein, den allbekannten intracerebralen Verlauf der Kopfnervenwurzeln genau zu schildern; nur die Endigung der letzteren in ihren Kernen kann, angesichts der hierüber unter den Autoren herrschenden Meinungsverschiedenheiten, wenn auch in aller Kürze, so doch nicht ganz unerwähnt bleiben.

Schema 5.



Schema der Wurzeln des Vagus und Hypoglossus, und der Olivenzwischenschicht.

X — Wurzeln des n. vagus; *XII* — Wurzeln des n. hypoglossus; *nX* — Vaguskern; *nXII* — Hypoglossuskern; *fs* — funiculus solitarius; *nam* — nucleus

ambiguus; *nla* — vorderer Seitenstrangkern; *nlp* — hinterer Seitenstrangkern; *fnla, fnlp* — Fasern, welche aus den Seitenstrangkernen zum corpus restiforme verlaufen; *V* — aufsteigende Wurzel des Trigeminus; *sn* — substantia gelatinosa; *cr* — corpus restiforme; *nfc* — nucleus funiculi cuneiformis; *nfg* — Rest des nucleus funiculi gracilis; *oi* — untere Oliven; *ois* — Nebenolive; *nrp* — Vorderstrangkern (respiratorischer Kern Misslawskys); *py* — Pyramide; *ioi* — Olivenzwischenschicht; — lm_I — Fasern der Olivenzwischenschicht, welche vom nucleus funiculi cuneati der entgegengesetzten Seite ausgehen und höher oben die laterale Partie der Hauptschleife bilden; lm_{II} — Fasern der Olivenzwischenschicht, welche vom nucleus funiculi gracilis der anderen Seite ausgehen und höher oben die mediale Partie der Hauptschleife bilden; *narc* — nucleus arciformis; *fae* — fibrae arcuatae externae aus den Fasern der oberen Kreuzung sich herleitend, welche den Kernen der zarten Stränge angehören; *fi* — fibrae arcuatae internae; *fa* — Lage des aberrierenden oder lateralen Bündels des verlängerten Markes, welches aus dem hinteren Abschnitt des Seitenstranggrundbündels hervorgeht; *foi* — von der unteren Olive zum Corpus restiforme verlaufende Fasern.

Der Nervus hypoglossus entspringt mit seinem Hauptteil aus einem Kern, welcher, aus beträchtlich grossen Zellen bestehend, mit seinem unteren Abschnitt ventral vom Centralkanal, mit seinem oberen ventral von der medianen Längsfurche zu beiden Seiten der Raphe gelegen ist (Schema 5, XII). Die von einigen Autoren angenommene mediane Kreuzung eines kleinen Teiles der Wurzeln dieses Nerven, welche einen Zusammenhang jedes der beiden Nerven mit den beiderseitigen Kernen vermittelt, kann nach den neueren Untersuchungen von Mingazzini[1]) nicht aufrecht erhalten werden.

Neben dem Kopfteil des mächtigen grosszelligen Hypoglossuskerns findet sich an der Austrittsstelle der Wurzeln des Hypoglossus noch ein weniger umfangreicher, kleine Zellen enthaltender Kern, in welchem gleichfalls ein Teil der Fasern dieses Nerven endet.

---

[1]) Die Versuche dieses Autors (Ann. d. freniatria II. 4, 1890) und Schäffers (Inaug.-Dissert. Erlangen 1889) ergaben, dass nach Exstirpation oder Durchschneidung des n. hypoglossus bei jungen Tieren Atrophie des gleichseitigen Kerns eintritt; dabei bleiben die Fasern der Formatio reticularis und die Olive unverändert. Auch die ventralwärts vom Hypoglossuskern verlaufenden Bogenfasern fanden sich unversehrt, was offenbar dafür zeugt, dass die erwähnten Fasern nicht zu den Wurzelfasern des Hypoglossus gehören.

Wir wollen hier noch, entgegen der Behauptung Lauras bemerken, dass der nucleus ambiguus in keinerlei Beziehungen zu den Wurzeln des Hypoglossus steht; ebensowenig hängt der Hypoglossus mit der unteren Olive zusammen.

Der Nervus vagus, welcher in den Seitenteil der Oblongata sich einsenkt, endet mit einem Teil seiner Fasern in jenem kleinzelligen Kern, welcher dorsolateralwärts vom oberen Teil des Hypoglossuskerns gelegen ist (Schema 5, *nX*). Der übrige Teil seiner Fasern tritt mit dem beiderseitigen nucleus ambiguus (Schema 5, *nam*) in Verbindung. Um den nucleus ambiguus der gleichen Seite zu erreichen, wenden sich die Wurzelfasern in ihrem Verlauf steil ventralwärts; jene Fasern, welche den anderseitigen nucleus ambiguus aufsuchen, überschreiten die Raphe unter dem Boden des IV. Ventrikels.[1]) Ein Teil der Vagusfasern senkt sich ausserdem in das sg. solitäre Bündel des verlängerten Markes (fasciculus solitarius, Schema 5 *fs*) ein und verläuft mit letzterem abwärts. Darauf verlassen die Fasern das solitäre Bündel, gehen in die Bogenfasern der formatio reticularis über und verlaufen dann zum Gebiet der Raphe, in welcher sie sich, wenigstens zum Teil, kreuzen.

Da diese Bogenfasern die Raphe im Niveau des Vorderstrangkerns (nucleus respiratorius von N. A. Misslawsky) überschreiten, so darf man annehmen, dass sie auch in diesen Kern eintreten. Nichts zu thun dagegen haben sie mit jenen Fasern, welche aus dem dorsalen kleinzelligen Vaguskern austreten, den Hypoglossuskern ventralwärts umgehen und dann in der Raphe bis zur Olivenzwischenschicht (s. unten) abwärts verlaufen.[2])

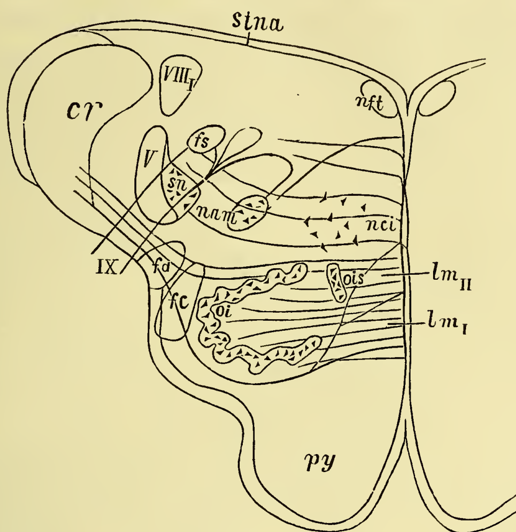
---

[1]) Mayser und in neuerer Zeit auch Koch (Nord. Med. Ark. XXII, 1889) stellen den Zusammenhang des n. vagus mit dem nucl. ambiguus in Abrede, meiner Ansicht nach ganz mit Unrecht. Die Untersuchung des fötalen Hirns lässt uns die Existenz dieses Zusammenhangs mit Sicherheit erkennen. Zudem hat Gudden nach Exstirpation des Vagus bei neugeborenen Tieren Atrophie des gleichseitigen nucl. ambiguus beobachtet. (Forel, Über die Verhältnisse der experim. Atrophie etc. Zürich 1891. Separatabdr. pag. 11.)

[2]) Dees (Archiv f. Psychiatrie XX, 1888) sah nach Durchschneidung des Vagus bei neugeborenen Kaninchen vollständige Atrophie der Zellen des dorsalen

Der Nervus glossopharyngeus ähnelt in seinen Ursprungsverhältnissen ausserordentlich dem Vagus. Man nimmt an, dass er,

Schema 6.



Schema der Wurzeln des IX. Paares. *cr* — corpus restiforme; — VIII_I — aufsteigende Wurzel des Acusticus; *nft* — nucleus funiculi teretis; *IX* — Wurzeln des Glossopharyngeus; *V* — aufsteigende Wurzel des Trigeminus; *sn* — Substantia gelatinosa; *fs* — funiculus solitarius; *fa* — Lage des aberrierenden oder lateralen Bündels der Oblongata.

---

und ventralen (nucl. ambiguus) Vaguskerns und eine beträchtliche Atrophie der Fasern des fasciculus solitarius auftreten. Da in diesem Versuche alle sensiblen Fasern des Vagus, ramus auricularis, ram. laryngeus und Glossopharyngeus unversehrt blieben, so müssen alle diejenigen Fasern, welche aus dem dorsalen Vaguskern austreten, nicht sensibler Natur sein (Dees). Es ist noch zu erwähnen, dass bei diesem Versuche gleichzeitig mit dem Vagus auch der n. laryngeus inferior durchschnitten war, welcher die Kehlkopfmuskeln versorgt; die Kerne des n. accessorius fanden sich aber normal. Daraus schliesst Autor, dass die Kehlkopfmuskeln aus dem ventralen (oder vorderen) Vaguskern (nucl. ambiguus) innerviert werden. — Forel beobachtete nach Vagusdurchschneidung bei Tieren Atrophie des am vorderen Ende des nucl. hypoglossi gelegenen Kerns. Letzteren ist Forel als einen motorischen Vaguskern anzusprechen geneigt. Übrigens äussert dieser Autor ganz mit Unrecht Zweifel an den Beziehungen des nucl. ambiguus zum n. vagus.

ähnlich dem letzteren, zum Teil aus einem kleinzelligen, dorsal oder dorsolateral vom Hypoglossuskern gelegenen Kern entspringt, zum Teil aber aus dem fasciculus solitarius hervorgeht. Nach der Ansicht einiger Autoren repräsentieren die obersten, aus dem kleinzelligen Kern stammenden Fasern eine portio intermedia, welche sich in die chorda tympani fortsetzt und mit dieser in den nervus lingualis eintritt. Die Frage über den Zusammenhang der Glossopharyngeusfasern mit dem erwähnten kleinzelligen Kern bei Seite lassend, finde ich unterdessen an meinen Präparaten unter dem Boden der Rautengrube lateral vom vorigen einen besonderen, kleinen, aber scharf abgegrenzten kleinzelligen Kern, welcher zweifellos in Zusammenhang mit dem Glossopharyngeus steht.[1])

Kaum zu bezweifeln ist auch der Zusammhang des Glossopharyngeus mit dem nucleus ambiguus, wenn derselbe auch nicht von allen Autoren für bewiesen erachtet wird.

Unstreitig ist endlich der Eintritt eines Teiles der Glossopharyngeusfasern, analog den Vagusfasern, in das solitäre Bündel, dessen Hauptbestandteil sie darstellen. Mit diesem Bündel erreichen die Fasern des Glossopharyngeus des oberen Teils die Ebene der Pyramidenkreuzung und verschwinden darauf in der Nähe der Basis des Hinterhorns.

Man hält die graue, das solitäre Bündel begleitende Substanz gewöhnlich für den sensiblen Kern des Glossopharyngeus. Diese graue Substanz ist eigentlich nichts anderes, als ein abgesprengtes Stück der Substantia gelatinosa centralis; sie verhält sich zum Glossopharyngeus offenbar ebenso, wie die Substantia gelatinosa des Hinterhorns und der aufsteigenden Trigeminuswurzel zu den cerebrospinalen Wurzeln resp. zum Trigeminus.[2])

---

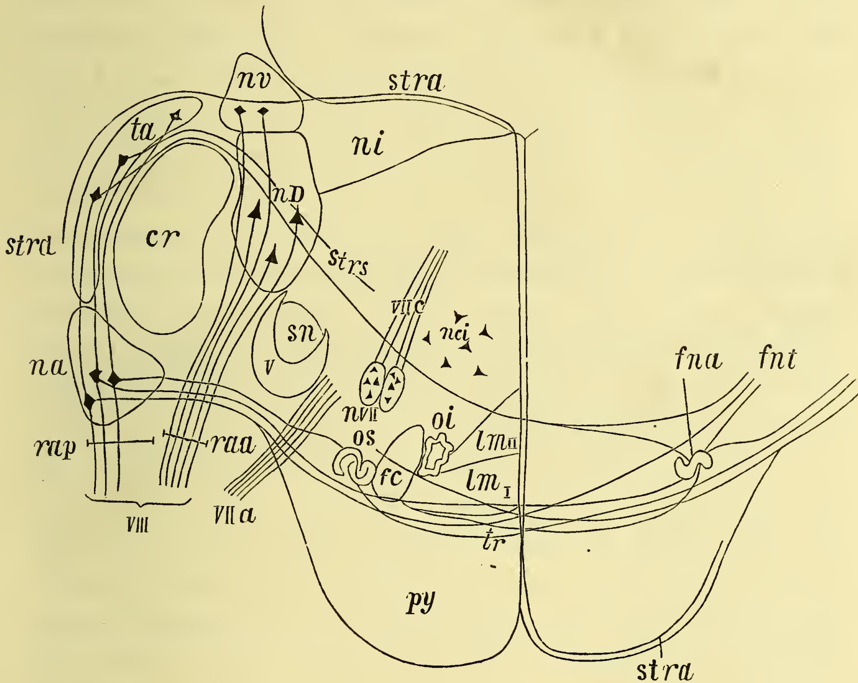
[1]) Dies scheint derselbe Kern zu sein, den unter anderem Mayser nach Exstirpation des Vagus und Glossopharyngeus beim neugeborenen Schwein atrophieren sah. (x Fig. 6 der Abhandlung Forels: „Ueber das Verhältnis der exper. Atrophie." München 1891. Sep.-Abdr.)

[2]) Entgegen der Meinung der Mehrzahl der Autoren behauptet in neuerer Zeit Bettiger, dass das solitäre Bündel hirnwärts höher aufsteigt, als die Wurzeln

Der Nervus acusticus setzt sich aus zwei Hauptteilen zusammen, dem ramus cochlearis und dem ramus vestibularis. Beide Äste verlaufen vor ihrem Eintritt in das Gehirn als gemeinsamer Strang; innerhalb des Gehirns jedoch gehen sie wieder auseinander und bilden zwei Wurzeln: eine laterale oder hintere, welche das Corpus restiforme von aussen umzieht und, wie ich zuerst nachwies,

auditory nerve!.

Schema 7.



Schema der Faserung des nervus acusticus und des corpus trapezoides.

VIII — Wurzeln des nervus acusticus; *rap* — hintere Wurzel des Akustikus; *raa* — vordere Wurzel des Akustikus; *na* — vorderer Kern des Akustikus: *ta* — tuberculum acusticum; *stra* — striae medullares s. acusticae; *strs* — Mona-

des Glossopharyngeus. Das solitäre Bündel gesellt sich nach Bettiger zur aufsteigenden Akustikuswurzel und sendet ausserdem zahlreiche Fasern zur Trigeminuswurzel. (Bettiger, Inaugural-Dissertation 1889, und Archiv f. Psych. XXII, 1889.)

kowsche Striae; *cr* — corpus restiforme; *nv* — nucleus vestibularis s. angularis; *ni* — innerer (medialer) oder Hauptkern des Akustikus; *nD* — Deiterscher Kern; *VIIa* — aufsteigende Wurzel des Facialis; *VIIc* — absteigende Wurzel des Facialis; *nVII* — Facialiskern; *oi* — oberes Ende der untern Olive; *fc* — centrale Haubenbahn; *os* — obere Olive; *tr* — corpus trapezoides; *py* — Pyramide; *nci* — nucleus centralis inferior; *fna* — Fasern, welche von der oberen Olive zum Abducenskern verlaufen; *fnt* — Fasern der lateralen oder unteren Schleife; *V* — aufsteigende Wurzel des Trigeminus; *sn* — Substantia gelatinosa.

dem ramus cochlearis nervi acustici entspricht; und eine mediale oder vordere, welche medial vom Corpus restiforme in das Gehirn sich einsenkt und dem ramus vestibularis nervi acustici entspricht.

Ein beträchtlicher Teil der lateralen Wurzel, welche durch einen reichlichen Gehalt an zelligen Elementen ausgezeichnet ist, endet in dem s.g. vorderen oder lateralen oder accessorischen Kern des Akustikus (nucleus anterior von Meynert) und im tuberculum acusticum. Nach Onufrowitsch, welcher seine Untersuchungen am Kaninchen ausführte, erfahren die Fasern des ramus posterior nervi acustici in dem vorderen Kern, welcher ein vollständiges Analogon der Intervertebralganglien darbietet, nur eine Unterbrechung; ihre Endigung dagegen geschieht in der grauen Masse des tuberculum acusticum.

In neuerer Zeit versucht Sala den Nachweis zu führen, dass nur die äusseren resp. peripheren Zellen des vorderen Kerns Analoga der Zellen der Intervertebralganglien sind und besondere Membranen besitzen, während die Zellen des inneren Bereiches dieses Kerns den Typus centraler Zellen mit verästelten Achsencylindern repräsentieren. Nach Obersteiner und Anderen senkt sich ein Teil der Fasern des Ramus posterior, das corpus restiforme von aussen umgehend, in den Bereich des sog. inneren (medialen) oder Hauptkerns ein; letzterer liegt im dorsalen Gebiet der Oblongata medianwärts vom Corpus restiforme und besteht aus kleinen Zellen. Jedoch ist dieser Zusammenhang bis jetzt nicht mit Sicherheit bewiesen worden.

Die mediale oder vordere Wurzel des Akustikus hängt ebenfalls mit zwei Kernen zusammen: mit dem sog. lateralen oder Deitersschen

Kern, welcher aus grossen Zellen besteht, und dem von mir beschriebenen, zunächst dem äusseren Winkel der Rautengrube (s. oben) liegenden, aus kleineren Zellen bestehenden Kern (nucleus vestibularis).

Nach dem Eintritt in den Deitersschen Kern wenden sich die Akustikusfasern zum Teil abwärts; in dieser Richtung durchlaufen sie innerhalb des Kerns eine gewisse Strecke und verschwinden dann allmählich in dem letzteren. Sie repräsentieren die sog. aufsteigende Wurzel des Akustikus[1]). In den Kern des n. vestibularis tritt der eigentliche Kopfteil der vorderen Wurzel ein. Auf Schnitten des Übergangsgebietes zwischen Oblongata und Pons Varolii kann man nachweisen, dass ein Teil der Fasern der vorderen Wurzel sich dorsalwärts wendet und bald zwischen den Zellen des erwähnten Kerns verschwindet[2]).

Beide, sowohl der Deiterssche Kern, wie auch der nucleus vestibularis, stehen, wie unten gezeigt werden soll, in Zusammenhang

---

[1]) Einige neuere Autoren leugnen den Zusammenhang der vorderen Wurzel des Akustikus mit dem Deitersschen Kern. Sie stützen sich darauf, dass nach künstlich bei Tieren erzeugter Atrophie des Akustikus der erwähnte Kern nicht atrophiert. Wie wir bereits anführten, wird die Atrophie-Methode in letzterer Zeit häufig insofern missbraucht, als die durch diese Methode erhaltenen negativen Ergebnisse in ihrer Bedeutung viel zu sehr überschätzt werden. Wenn wir überlegen, dass der Deiterssche Kern ein umfangreiches Gebilde repräsentiert, welches ausser dem Akustikus noch mit dem Rückenmark, ferner mit dem Kleinhirn zusammenhängt und endlich auch centralwärts Fasern entsendet, so begreifen wir, warum dieser Kern keine deutlich ausgeprägte Atrophie nach Degeneration und Atrophie des Akustikus aufzuweisen braucht, trotzdem, dass ein Zusammenhang mit dem letzteren sicher besteht. Der Nachweis dieses Zusammenhangs kann übrigens durch die Untersuchung des fötalen Hirns mit Leichtigkeit erbracht werden.

[2]) Sala bestreitet neuerdings auf Grund seiner nach der Methode von Golgi ausgeführten Untersuchung den Zusammenhang des Deitersschen Kerns und des von mir beschriebenen nucleus vestibularis mit dem ramus vestibularis acustici. (Sull' origini del nervo acustico. Separ.-Abdr. aus Monitoro Zoologico Italiano 1891.) Welche Vorzüge der Golgischen Methode bei der Entscheidung der Frage über die Endigung des Akustikus im Gehirn zukommen, will ich hier nicht erörtern; allein ich sehe nicht ein, warum man in diesem Falle anderen Methoden gegenüber sich skeptisch verhalten sollte, z. B. gegenüber der entwickelungsgeschichtlichen Untersuchungsmethode, welche den erwähnten Zusammenhang in ganz sinnfälliger Weise klarlegt.

mit den centralen Kernen des Kleinhirns. Dies steht in vollster Harmonie mit der Abstammung der medialen oder vorderen Wurzel vom ramus vestibularis des Akustikus.

Hier muss noch bemerkt werden, dass vor nicht allzu langer Zeit auch die sog. striae medullares s. acusticae zu den Wurzelfasern des Akustikus gezählt wurden. Das sind ziemlich dicke, wenn auch inkonstante Faserbündel, welche im menschlichen Gehirn vom corpus restiforme quer durch die Rautengrube bis zu der der Raphe entsprechenden Medianfurche hinziehen, in welche sie sich dann einsenken. In der Tiefe machen diese Bündel hier eine Kreuzung durch und umziehen dann die anderseitige Pyramide; im weiteren Verlauf erleiden sie im Pyramidenkern (nucleus arciformis) eine Unterbrechung und gehen endlich in die anderseitigen fibrae arcuatae anteriores über.

Meine Untersuchungen, und späterhin auch diejenigen anderer Autoren, ergaben jedoch, dass diese, zu einer relativ späten Zeit angelegten Streifen thatsächlich keine direkte Fortsetzungen der Akustikuswurzeln vorstellen; es sind vielmehr ganz eigene Bündel, welche offenbar in nächster Beziehung zum Kleinhirn (und vielleicht auch zum tuberculum acusticum) stehen[1]).

Die Ursprungsverhältnisse der Wurzel des Nervus facialis sind gegenwärtig so sicher feststehende, dass wir uns mit denselben

---

1) Onufrowitsch (Arch. f. Psych. Bd. XVI, 3) und Baginsky (Sitzb. d. k. preuss. Akad. d. Wissensch., 25. Febr. 1886) sahen nach Zerstörung des inneren Ohres beim Kaninchen im Laufe der Zeit eine Atrophie der hinteren Wurzel des Akustikus und der in letzterer eingelagerten zelligen Elemente sich ausbilden; die vordere Wurzel hingegen erwies sich kaum merklich verkleinert oder fast ganz unversehrt. Gleichzeitig fand sich eine beträchtliche Atrophie des vorderen Kerns und des tuberculum acusticum. Ausserdem hat der erwähnte Eingriff (nach Baginsky) einen mässigen Schwund von Fasern im corpus trapezoides und in der entsprechenden oberen Olive zur Folge; darauf atrophiert die anderseitige untere Schleife, das Brachium des hinteren Vierhügels, der Kern des letzteren und das corpus geniculatum internum. Fast den gleichen Befund konnte dieser Autor nach Zerstörung der Schnecke bei der neugeborenen Katze erheben.

Nach Durchschneidung der unteren Schleife medullarwärts vom hinteren Vierhügel bei der Katze konnte Monakow (Corr. Bl. f. Schweiz. Ärzte. XVII. 5.

ausführlich nicht zu beschäftigen brauchen. Nach der allgemeinen Ansicht begiebt sich die Wurzel dieses Nerven, nachdem sie in der dorsalen Brückenregion eine knieförmige Biegung über dem Kern des Abducens ausgeführt, zu einem aus grossen Zellen bestehenden Kern, welcher im ventralen Bereich der Formatio reticularis nach innen von der aufsteigenden Trigeminuswurzel und dorsalwärts vom Corpus trapezoides gelegen ist.

Ein Teil der Fasern begiebt sich von der Umbiegungsstelle, dem sog. Knie, medianwärts, überschreitet die Medianlinie und erreicht den Kern der anderen Seite. Der von einigen Autoren angenommene Zusammenhang der Facialiswurzel mit dem Kern des Abducens wird gegenwärtig von den meisten Anatomen in Abrede gestellt.

Über die Wurzeln des Nervus abducens sei hier nur bemerkt, dass sie auf der entsprechenden Seite in einen Kern eintreten, welcher im dorsalen Teil der Brückenhaube unterhalb des Knies der Facialiswurzel gelegen ist (s. Schema 8). Einige Autoren, z. B. Obersteiner, nehmen zwar an, dass ein Teil der Fasern der Abducenswurzel an diesem Kern vorbei zur Medianlinie und darauf

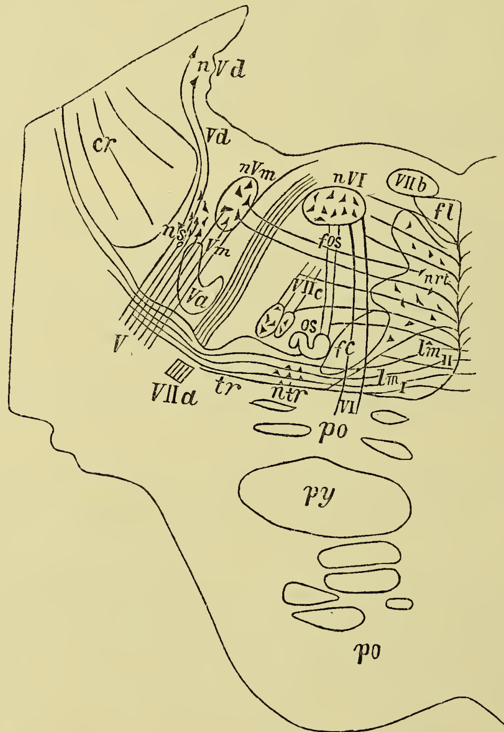
---

1888) Atrophie der Striae acusticae und darauf auch des tuberc. acusticum nachweisen. Jedoch muss bemerkt werden, dass dieser Autor unter der Bezeichnung Striae acusticae jene Faserbündel zusammenfasst, welche um das corpus restiforme in ventro-medialer Richtung zum Gebiet der anderseitigen oberen Olive verlaufen; diese Faserbündel haben also nichts zu thun mit den striae medullares s. acusticae des Menschen, welche, wie ich zuerst nachgewiesen habe, keine direkte Fortsetzung des Akustikus darstellen, sondern höchstwahrscheinlich den Zusammenhang einzelner Teile des Kleinhirns vermitteln.

Baginsky gelang es auch beim Kaninchen isolierte Läsionen des Labyrinths herbeizuführen. In diesem Falle atrophierte neben der vorderen Wurzel auch jene graue Substanz, welche dem von mir beschriebenen nucleus vestibularis entspricht; ausserdem bestand deutliche Atrophie des inneren Bereiches des hinteren Kleinhirnschenkels. Interessant ist auch der Umstand, dass nach den Untersuchungen von Ziehen und Kükenthal (Edingers Bericht pro 1889) bei den Walarten ein grosser Teil des Akustikus aufwärts ununterbrochen bis zum corpus geniculatum internum verläuft, und mit dem hier stark entwickelten hintern Vierhügel in Zusammenhang steht; aus der vorderen Akustikuswurzel können bei diesen Tieren Fasern bis zum Kleinhirn verfolgt werden.

zum anderseitigen Kern verläuft; allein von der Existenz solcher Fasern wird man sich schwerlich überzeugen können. Sicher ist nur, dass aus dem Abducenskern Faserzüge medianwärts, zum Bereich des hinteren Längsbündels, abgehen, wo sie nach den Untersuchungen von Duval und Laborde zu den Kernen des anderseitigen Oculomotorius aufsteigen. Übrigens haben diese Hinweise

Schema 8.



Schema der Wurzelfasern des V., VI. und VII. Paares. *Cr* — corpus restiforme; *nVd* — Zellgruppe für den Ursprung der absteigenden Wurzel des Trigeminus; *Vd* — absteigende Wurzel des Trigeminus; *ns* — sensibler Kern des Trigeminus; *nVm* — motorischer Kern des Trigeminus; *V* — gemeinsamer Stamm des Trigeminus; *Vm* — motorische oder vordere Wurzel des Trigeminus; *Va* — aufsteigende Wurzel des Trigeminus; *nVI* — Kern des Abducens; *VI* — Wurzel des Abducens; *VIIa* — aufsteigender Schenkel der Facialiswurzel; *VIIc* — absteigender Schenkel der Facialiswurzel; *VIIb* — Knie des Facialis; *tr* — corpus

trapezoides; *ntr* — nucleus corporis trapezoidei; *os* — obere Olive; *fos* — Fasern, welche die obere Olive mit dem Abducenskern verbinden; *fl* — hinteres Längsbündel; *nrt* — nucleus reticularis; lm_{I}, lm_{II} — Schleifenschicht; *fc* — centrale Haubenbahn; *po* — Brücke; *py* — Pyramidenbündel, innerhalb der Brücke verlaufend.

bezüglich des Zusammenhangs des Abducenskerns mit den Kernen des anderseitigen Oculomotorius noch nicht die erforderliche Bestätigung gefunden.

Der Nervus trigeminus besitzt bekanntlich zwei Wurzeln, eine starke sensible und eine schwächere motorische Wurzel. Beide haben verschiedene Endigungen im Gehirn (s. Schema 8). Die erstere endet nach ihrem Eintritt in den mittleren Bezirk der Varolsbrücke teils in dem sog. sensiblen Trigeminuskern, welcher kleine zellige Elemente enthält. Zum anderen Teil wendet sie sich, von gelatinöser Substanz begleitet, abwärts und erreicht die Ebene der Pyramidenkreuzung, ja sie gelangt sogar bis hinab in den oberen Teil des Halsmarks. Das ist die sog. aufsteigende Wurzel des Trigeminus. Die Fasern derselben wenden sich bereits in den unteren Teile der Oblongata, insbesondere aber in der Höhe und unterhalb der Pyramidenkreuzung, durch die gelatinöse Substanz hindurch medianwärts; hier enden sie, analog der lateralen Partie der hinteren Wurzeln, zum Teil in einer Gruppe von Zellen, welche unmittelbar medial von der gelatinösen Substanz sich findet, anderenteils in jenen Zellen, welche in der Substantia gelatinosa selbst eingelagert sind[1]).

In der Ebene des vorderen Winkels der Rautengrube und des hinteren Vierhügels, nach aussen von der centralen grauen Substanz, finden sich bläschenförmige Zellen, aus welchen die sog. absteigende Wurzel des Trigeminus entspringt. Die Fasern der letz-

---

[1]) Bei Tieren (Hund, Katze u. a.) senkt sich die aufsteigende Trigeminuswurzel weit in den Halsteil des Rückenmarks hinab, ja sie wird nicht selten noch unterhalb der Wurzeln des V. Cervikalnerven angetroffen (Gudden jun.).

teren gesellen sich später zu der gemeinschaftlichen Trigeminuswurzel und treten mit ihr zusammen aus[1]).

Zu der absteigenden Trigeminuswurzel stehen offenbar auch die Zellen der Substantia ferruginea in Beziehung. Dafür spricht wenigstens die pathologisch-anatomische Untersuchung eines Falles von Atrophia facialis progressiva, welche neben Degeneration der Trigeminusfasern gleichzeitig Atrophie der Zellen der Substantia ferruginea ergab (Mendel).

Was die schwächere oder motorische Trigeminuswurzel anlangt, so verläuft dieselbe nach innen und vorn von der sensiblen. Sie endet zum Teil auf derselben Seite in dem scharf begrenzten, grosse Zellen enthaltenden motorischen Trigeminuskern; zum Teil aber überschreiten ihre Fasern unter dem Boden des vierten Ventrikels die Medianlinie, um sich in den entsprechenden Kern der anderen Seite einzusenken.

Der eigenartige Verlauf der intracerebralen Partie des Nervus trochlearis findet ausreichende Berücksichtigung in den Handbüchern der deskriptiven Anatomie; wir verzichten daher auf eine Schilderung desselben. Jedoch ist hier des Umstandes zu gedenken, dass die Trochlearisfasern, entgegen der unlängst von Mauthner ausgesprochenen Ansicht, innerhalb des Velum medullare anterius sich kreuzen, und zwar total, nicht partiell, wie von einigen Autoren (z. B. Obersteiner) behauptet wird. Wenigstens sind durch die Untersuchung des fötalen Hirns, in welchem die Fasern aller peripheren Nerven überhaupt, und auch die des Trochlearis auffallend deutlich von den umgebenden marklosen Gebieten sich abheben, nach der Methode von Weigert und Pahl ungekreuzte Fasern nicht nachweisbar.

---

[1]) Nach der Ansicht der Einen gesellt sich die absteigende Wurzel des Trigeminus zu der starken oder sensiblen, nach anderen zu der kleineren oder motorischen Wurzel. Diese Frage kann meiner Meinung nach nur mit Hilfe der Atrophie-Methode, durch successive Durchschneidung sensibler und motorischer Äste des Trigeminus, entschieden werden.

Die Fasern des Trochlearis enden bekanntlich in einem Kern, welcher in der Höhe des vorderen Teils des hinteren Vierhügels dorsalwärts vom hinteren Längsbündel liegt. Derselbe enthält recht grosse Nervenzellen.

Mit dem Trochlearis steht nach Westphal auch eine rundliche Gruppe kleiner Zellen im Zusammenhang, welche dem kaudalen Teil des eben erwähnten Kerns unmittelbar benachbart ist.

Der Nervus oculomotorius entsteht in der Ebene des vorderen Vierhügels aus mehreren, mindestens aber aus drei Kernen. Von diesen liegt der hintere oder untere (Hauptkern der Autoren) dorsalwärts vom hinteren Längsbündel. Der innere oder mediale Kern findet sich etwas höher als der vorige in der Nähe der Medianlinie und nach innen vom hinteren Längsbündel, dicht neben dem gleichen Kern der anderen Seite. Der obere Oculomotoriuskern endlich liegt noch höher, an der Eröffnungsstelle der Sylvischen Wasserleitung in den III. Ventrikel, dorsolateralwärts vom hinteren Längsbündel.[1]) Dies ist derjenige Kern, in welchen, wie wir später sehen werden, die ventrale Abteilung der hinteren Hirnkommissur eintritt; in ihm enden auch die Fasern des hinteren Längsbündels.

Von Edinger und Westphal sind unlängst noch zwei kleinere Zellanhäufungen beschrieben worden, welche dem inneren Kern des Okulomotorius benachbart liegen. Die näheren Beziehungen dieser Zellgruppen zum Oculomotorius sind aber noch nicht ganz genau bekannt.

Ein grosser Teil der Oculomotoriusfasern entspringt aus den Kernen der gleichen Seite, bleibt also ungekreuzt. Ein Teil der Oculomotoriusfasern kreuzt sich jedoch zweifellos in der Medianlinie und tritt auf die andere Seite hinüber. Für Tiere (Kaninchen) war letztere Thatsache zuerst von Gudden durch Untersuchung der

---

[1]) In letzterer Zeit wird von einigen Autoren die Zugehörigkeit dieses Kerns zum Oculomotorius bezweifelt.

Degenerationen festgestellt worden; aber auch beim Menschen kann man nicht selten die Kreuzung eines Teiles der Oculomotoriusfasern beobachten.

Die für die Iris (und wahrscheinlich auch die für den Ciliarmuskel) bestimmten Fasern des Oculomotorius liegen nach den Angaben von Kahler und Pick mehr nach vorn, stammen also aus dem oberen Oculomotoriuskern. Die hinteren Wurzelfasern dagegen sind für die äusseren Augenmuskeln bestimmt; sie zerfallen in eine laterale Gruppe, für den Levator palpebrae, obliquus superior und obliquus inferior, und eine innere oder mediale Gruppe für den rectus internus und rectus inferior. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Innervation der ersteren Muskelgruppe vom unteren oder Hauptkern, die der letzteren vom inneren oder medialen Kern besorgt wird.[1])

Die Fasern der Nervi optici, welche zusammen mit der Retina einer cirkumskripten Ausstülpung der primären Vorderhirnblase ihre Entstehung verdanken, bilden bekanntlich an der Basis des Gehirns eine Kreuzung (Chiasma). Diese Kreuzung ist beim Menschen und bei den höheren Säugern (Affe, Hund, Katze u. s. w.) eine partielle.

The optic apparatus — 1). Chiasma

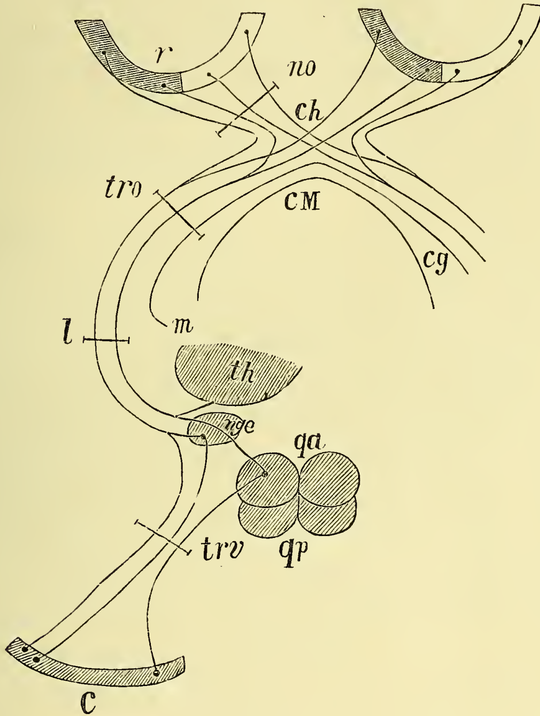
Es kann gegenwärtig für feststehend gelten, dass im Chiasma nervorum opticorum enthalten sind: 1) Fasern aus den lateralen Hälften der Retinae. Diese verlaufen im lateralen Teil des Chiasma und gehen in den Tractus opticus derselben Seite über. 2) Fasern aus den medialen Hälften der Retinae. Dieselben kreuzen sich im Chiasma und verlaufen im Traktus der entgegengesetzten Seite.

---

[1]) Nach Exstirpation der Lider und des musc. frontalis, welche Mendel neuerdings an jungen Tieren ausführte, trat konsekutive Atrophie des Oculomotoriuskerns auf der entsprechenden Seite ein. Daraus erhellt, dass die Innervation des lev. palpebrae sup. durch ungekreuzte Oculomotoriusfasern vermittelt wird. Auf Grund seines Versuches nahm Mendel weiter an, dass die Fasern des oberen Astes des Facialis ebenfalls aus dem erwähnten Kern stammen, dann im hinteren Längsbündel weiter verlaufen und endlich das Knie des Facialis erreichen. Diese Ansicht stimmt jedoch mit den klinischen Beobachtungen nicht leicht überein.

Endlich 3) Fasern, welche im hinteren Winkel des Chiasma von einem Traktus zum anderen verlaufen. Sie bilden die untere Kommissur Guddens (Schema 9).

Schema 9.



Schematische Darstellung der Fasern des Optikus und seiner Endigung im Gehirn. *r* — Retina; *no* — nervus opticus; *Ch* — chiasma; *tro* — tractus opticus; *cG* — Guddensche Kommissur; *l* — laterale Wurzel des tractus opticus; *m* — mediale Wurzel des tractus opticus; *th* — Thalamus opticus; *nge* — corpus geniculatum laterale; *qa* — vorderer Vierhügel; *qp* — hinterer Vierhügel; *tro* — Gratioletsches Sehbündel; *c* — Rinde des Occipitallappens.

Die Existenz von Kommissurenfasern im vorderen Winkel des Chiasma, welche von der einen Retina zur anderen verlaufen, wird zwar von einigen Autoren behauptet, konnte aber bis jetzt nicht

mit Sicherheit bewiesen werden; von der Mehrzahl der Autoren wird sie strikt in Abrede gesellt.

Optic tract.

Nach seinem Austritt aus dem Chiasma liegt jeder Traktus eine Strecke weit der grauen Substanz der Hirnbasis an; darauf biegt er um den Grosshirnschenkel und wendet sich zum Gebiet der Corpora geniculata. Hier spaltet sich der Traktus in zwei schon makroskopisch erkennbare Wurzeln: eine laterale oder äussere Wurzel, die eigentliche Fortsetzung der Sehnervenfasern, und eine mediale Wurzel, welche hauptsächlich von den Fasern der Guddenschen Kommissur gebildet wird. Die erstere geht zum lateralen, die letztere zum medialen Kniehöcker.

Bei genauerer Prüfung zeigt sich jedoch, dass die laterale Wurzel nur zum Teil im lateralen Kniehöcker endet; ein anderer Teil ihrer Fasern geht weiter, und gelangt einerseits zur hinteren Partie des Thalamus, (von einigen Autoren wird dieses übrigens bestritten), andererseits durch das vordere Brachium conjunctivum zum Gebiet des vorderen Vierhügels. Hier bilden ihre Fasern die sog. Markschicht des vorderen Vierhügels und enden hauptsächlich in den vorderen zwei Dritteilen der grauen Substanz des letzteren.

Ebenso endet auch die mediale Wurzel, welche wie erwähnt, im wesentlichen von den Fasern der Guddenschen Kommissur gebildet wird, nur zum Teil im corpus geniculatum mediale. Der andere Teil ihrer Fasern geht weiter; und zwar verläuft er nach der Ansicht der Einen durch das hintere Brachium conjunctivum zum Bereich des hinteren Vierhügels, nach der Ansicht anderer Autoren tritt er mit dem Linsenkern in Verbindung.

Bezüglich der Bedeutung der Guddenschen Kommissur sind also die Meinungen der Autoren durchaus noch nicht einheitlich. Am wahrscheinlichsten ist uns die Annahme, dass diese Kommissur eine gekreuzte Verknüpfung der corpora geniculata interna mit den Linsenkernen herzustellen bestimmt ist.[1])

---

[1]) L. O. Darkschewitsch und Pribytkow. Neurol. Centralblatt Orig.-Mitt. 14. 1891.

Neuerdings ist von L. Darkschewitsch ein Faserbündel beschrieben worden, welches von der medialen Seite des Tractus opticus vor dem lateralen Kniehöcker sich zum nucleus habenulae wendet. Von hier verläuft es durch den Thalamus opticus und den Pedunculus conarii zur Basis der Zirbel, und zieht darauf im ventralen Abschnitt der hinteren Kommissur weiter, deren Fasern wie wir bereits erwähnten, mit dem oberen Kern des Oculomotorius in Verbindung treten. Weil nach Läsion der hinteren Kommissur beim Kaninchen die Reaction der Pupille auf Licht auffallend abgeschwächt sich erweist, so folgert der erwähnte Autor, dass das geschilderte Bündel des Traktus zur Übertragung des Lichtreflexes der Pupille dient.

Noch früher war von mir der Nachweis geführt worden, dass bei Vögeln die Zerstörung des grössten Teils des Zweihügels, bei Hunden die Zerstörung der Erhebungen des vorderen Vierhügels und die Läsion des lateralen Kniehöckers kein Aufhören der Lichtreaktion der Pupille bewirkt. Dagegen haben Läsionen im Gebiete des III. Ventrikels charakteristische Veränderung der Lichtreaktion beider Pupillen zur Folge. Ich schloss aus diesen rein physiologischen Thatsachen, dass die Pupillenfasern hinter dem Chiasma ungefähr in der Ebene des corpus cinereum[1]) von den Lichtfasern des Tractus opticus sich trennen und auf mehr direktem Wege sich zu den Kernen des Oculomotorius begeben.

Die anatomischen Untersuchungen von L. Darkschewitsch stimmen also mit den wichtigsten Ergebnissen meiner physiologischen Untersuchungen überein und bestätigen meiner Ansicht nach die letzteren.[2])

---

[1]) Die hierauf bezüglichen Hinweise siehe in meiner Arbeit: „Retressiment réflexe de la pupille par la lumière“. Arch. slaves de Biologie. 15. Mars 1886.

[2]) Selbstverständlich können physiologische, das Aufsuchen einer Leitungsbahn bezweckende Untersuchungen niemals so detailliert sein, wie anatomische Studien dieser Art. Die ersteren stellen nur die allgemeine Richtung einer gegebenen Leitungsbahn fest; die letzteren verfolgen die Leitungsbahn Schritt für Schritt, erforschen ihren genauen Verlauf und ihre verschiedenen Abweichungen

Zweifellos ist auch das Vorhandensein von Fasern, welche hinter dem Chiasma aus dem Tractus opticus unmittelbar zur grauen Substanz des III. Ventrikels sich begeben. (Bechterew, Flechsig, Bogrow.) Sie sind besonders am Gehirn einiger Tiere, wie des Kaninchens, leicht nachzuweisen.

Nach Bogrow bilden diese Fasern eine besondere Wurzel des n. opticus, welche in den letzteren von der Basis des Thalamus opticus her an jener Stelle sich einsenkt, wo der tractus opticus am tuber cinereum der Gehirnbasis sich dicht anschmiegt.[1])

Endlich hat Gudden mittelst der Atrophie-Methode das Vorhandensein eines besonderen Bündels, welches aus dem tractus opticus direkt (?) zur Hirnrinde zieht (direkte Rindenwurzel des Traktus nach Gudden) sowie die Existenz des sog. transversalen Hirnschenkelbündels (tractus peduncularis transversus) nachgewiesen, welches um den Hirnschenkel von aussen her umbiegt und in der Tiefe des letzteren in einem kleinen konisch gestalteten Kern endet (s. oben). Wie Gudden zuerst darthat, degeneriert das letztgenannte Bündel stets nach Enucleation des Auges. Es repräsentiert demgemäss ein Faserbündel, welches die Sehnerven oder richtiger die Netzhaut continuierlich mit der formatio reticularis verbindet.[2])

---

nach der einen oder anderen Richtung bis zu den letzten Einzelheiten. Insofern beurteilt Darkschewitsch meine Untersuchungen über die Pupillenfasern nicht richtig; statt im allgemeinen eine Übereinstimmung seiner Ergebnisse mit den meinigen zu erkennen, sieht er in den letzteren einen Widerspruch. (S. meine Erläuterungen zu der Abhandlung: L. O. Darkschewitsch „Ueber die Fortleitung des Lichtreizes von der Netzhaut auf den Oculomotorius“, im Archiv f. Psychiatr. Bd. XIII, 1889.

[1]) Edinger endeckte bei Amphibien, Reptilien und Fischen ebenfalls eine besondere Wurzel des Optikus, welche an der Hirnbasis aus einem dem corpus mammillare entsprechenden Ganglion entsteht. Dieses Ganglion steht einerseits im Zusammenhang mit dem Ganglion habenulae (s. unten), aus welchem bekanntlich der Sehnerv des Parietalauges der Reptilien hervorgeht.

[2]) In neuerer Zeit erzeugte Perlia durch Enucleation des Auges bei Vögeln (Huhn und Sperling) Atrophie eines beträchtlichen Faserbündels, welches durch das ganze Mittelhirn bis zum verlängerten Mark sich hinzieht, wo es in einem lateral vom N. trochlearis gelegenen Kern endet. (Fortschr. der Medic. VII. 2. 1889).

Die sog. Meynertsche Kommissur, welche nur eine kleine Strecke mit dem Tractus opticus verläuft, steht thatsächlich in keiner Beziehung zum Traktus und zu den Kernen des Optikus; sie setzt sich vielmehr im wesentlichen aus Fasern der Schleifenschicht zusammen, welche zum anderseitigen Linsenkern, oder richtiger zum globus pallidus des letzteren, sich begeben (s. unten).

End-nuclei of cranial nerves.

Was die Art der Endigung der Hirnnerven in ihren Kernen anlangt, so ist in dieser Beziehung die Färbung der Präparate nach Golgi besonders wertvoll. Wir können uns mittelst dieser Untersuchungsmethode überzeugen, dass die motorischen Hirnnerven einschliesslich der absteigenden Trigeminuswurzel und der aus dem nucleus ambiguus stammenden Fasern des Glossopharyngeus und Vagus, aus den Ursprungskernen in derselben Weise entstehen wie die vorderen Wurzeln aus den motorischen Zellen der Vorderhörner des Rückenmarkes; d. h. sie gehen aus den Achsencylinderfortsätzen der Nervenzellen hervor.

Im Gegensatz hierzu enden die sensiblen Gehirnnerven, den nervus opticus nicht ausgenommen, mit feinsten Ramifikationen frei in der Umgebung der Zellen der zugehörigen sensiblen Endkerne. Wie der Anfang der hinteren Wurzeln in cerebro-spinalen Ganglien zu suchen ist, so liegt auch der thatsächliche Ursprung der sensiblen Nerven in extracerebralen Ganglien (gangl. jugulare, petrosum etc.).

Einige Gehirnnerven, wie der n. cochleae und n. vestibuli, ferner der vagus und glossopharyngeus lassen nach ihrem Eintritt in das Gehirn eine Teilung ihrer Fasern erkennen. Ausserdem können bei allen sensiblen Hirnnerven feinste Kollateralen (Kölliker) nachgewiesen werden.

Neuere Untersuchungen von Held[1]) lehren, dass die sensiblen Wurzeln des n. vagus und glossopharyngeus, ähnlich den hinteren Rückenmarkwurzeln, in absteigende und aufsteigende Zweige sich

[1]) Held, Arch. f. Anat. und Physiol. 1892, 1 und 2.

verästeln. Die ersteren bilden im verlängerten Mark das sog. solitäre Bündel, von welchem zahlreiche, mit ihren Endverzweigungen bis zur Ala cinerea reichende Kollateralen nach den Seiten hin abgehen.

Die vestibulare Wurzel des Akustikus zerfällt ebenfalls in aufsteigende und absteigende Zweige. Die letzteren sind nichts anderes, als die aufsteigende Akustikuswurzel; die ersteren bilden den Rest der vestibularen Wurzel, welche im Deitersschen Kern, im Kern des n. vestibularis und im hinteren Kern (?) endigen.

Endlich weist auch der Trigeminus ähnliche Teilungen seiner Fasern auf. Seine absteigenden Zweige bilden die sog. aufsteigende Wurzel, deren Kollateralen mit ihren Endverästelungen die Zellen der Substantia gelatinosa umgeben.

Opticus u. endr. corp. quadrigem.

Bezüglich der Endigung des n. opticus im vorderen Vierhügel liegen neuere Untersuchungen von Ramón y Cajal[1]) vor; die Ergebnisse derselben sind im wesentlichen folgende:

Ein beträchtlicher Teil der Sehnervenfasern endet zweifellos vollständig frei mit reichlichen pinselförmigen Ramifikationen in den Optikuscentren des Mittelhirns. Unabhängig hiervon enthalten die Sehnerven Fasern, welche aus den Achsencylindern in diesen Centren eingelagerter Zellen entstehen. Diesen Fasern gehören offenbar die freien Endigungen in der Retina an. Andererseits finden sich zwischen den zahlreichen Endbäumchen im Mittelhirn spindelförmige Zellen eingelagert, deren Protoplasmafortsätze überall mit den Endbäumchen in Kontakt treten.

Wir ersehen daraus, dass die Optikusbahn aus vielen Stationen besteht, zwischen welchen durch den Kontakt mit den Verästelungen der Nervenendigungen Beziehungen hergestellt werden. Eine solche Wechselbeziehung besteht vor allem zwischen den äusseren Verästelungen der Zapfen und Stäbchen und den Protoplasmafortsätzen

---

[1]) Ramón y Cajal. Internat. Mon.-Schrift f. Anat. und Phys. VIII. 9 und 10. 1891.

der bipolaren retinalen Ganglienzellen; zweitens zwischen den Endbäumchen der letzteren und den Protoplasmafortsätzen der grossen retinalen Nervenzellen; drittens zwischen den bis zu den Optikuscentren verlaufenden Achsencylindern der letzteren und den in den Optikuscentren eingelagerten spindelförmigen Zellen. Ausserdem erwachsen Wechselbeziehungen durch Kontakt der Achsencylinder, welche aus dem Tectum opticum der Vögel hervorgehen, mit den Verästelungen der in verschiedenen Schichten des Mittelhirns eingelagerten Zellen. Aus den letzteren entsteht weiterhin ein neues Fasersystem, dessen Endigungen übrigens noch nicht bekannt sind. Ferner giebt es sowohl in der Netzhaut, als auch im Mittelhirn Associationsfasern. Endlich müssen im Vierhügel aus anderen centralen Gebieten stammende Fasern enden, welche in ähnliche Wechselbeziehungen zu den hier eingelagerten Zellen treten.

Wir gehen nunmehr, nachdem wir uns eine kurze Übersicht über die Wurzeln der in das Stammgebiet eintretenden Hirnnerven verschafft haben, zur Schilderung derjenigen Faserbündel des Hirnstammes über, welche die in letzterem eingelagerten grauen Formationen einmal mit dem Rückenmark, dann unter einander und endlich auch mit anderen Hirngebieten verbinden.

Den Faserverlauf jedes einzelnen Rückenmarkbündels innerhalb des Hirnstammes zu verfolgen und gleichzeitig den gegenseitigen Zusammenhang der einzelnen, hier auftretenden Nester grauer Substanz zu erforschen — ist eine Aufgabe, bei welcher wir im allgemeinen beträchtlichen, nicht selten thatsächlich ganz unüberwindlichen Schwierigkeiten begegnen. Diese Schwierigkeiten erwachsen zweifellos im wesentlichen aus der ausserordentlichen Kompliziertheit der Struktur dieses Hirnteils, dessen Fasern nicht selten in ganz eigenartiger Weise sich unter einander mengen und durchflechten.

Erst durch die Einführung specieller Untersuchungsmethoden in die Hirnanatomie sind wir in den Stand gesetzt worden, uns auf diesem schwierigen Gebiet bis zu einem gewissen Grade zu orien-

tieren. Unschätzbare Dienste leistet hier insbesondere die entwickelungsgeschichtliche Methode; ihr haben wir es zu verdanken, wenn unsere Kenntnisse über den Zusammenhang der grauen Massen des Hirnstammes und den Verlauf der Faserbündel in diesem Gebiet besonders in der letzten Zeit bedeutend an Umfang gewonnen haben.

Den gesammten sg. Stammteil des Gehirnes trennt man gewöhnlich in zwei Etagen, eine obere oder hintere: Haube (Tegmentum), und eine untere oder vordere: Fuss (Basis). Die Grenze zwischen beiden Etagen fällt unten mit der hinteren Grenze der Pyramiden zusammen; höher oben ist sie durch die Lage eines besonderen Bündels charakterisiert, welches Schleifenschicht oder schlechtweg Schleife (lemniscus) heisst; noch höher endlich durch die Substantia nigra Sömmerringii.

Die obere oder hintere Etage setzt sich aus den Fasern aller Teile des Rückenmarkes zusammen; hiervon ausgenommen sind nur die Pyramidenstränge, welche der vorderen Etage oder dem Fuss angehören.

Wir ersehen daraus, dass wir die Fortsetzung jener Fasern, welche im Rückenmark den Zusammenhang der grauen Substanz in der Längsrichtung vermittelten, in der oberen Etage, der Haube, zu suchen haben.

Wie wir früher sahen, treten die Fasern der Hinterstränge im verlängerten Mark mit den Kernen des zarten Stranges und des Keilstranges (nuclei funiculi gracilis et cuneati) in Verbindung, welche nahe dem unteren Winkel der Rautengrube sich finden. Aus diesen Kernen gehen wiederum Fasern hervor, welche in ihrem Verlaufe alsbald zur Bildung der sg. hinteren oder oberen Kreuzung zusammentreten. (Taf. Fig. II, VI, 10, 11, 13, 14.)

Die letztere wird also durch die Fortsetzung der Hinterstränge zum Gehirn gebildet, und enthält Fasern, welche den Kernen der Keilstränge, sowie Fasern, welche den Kernen der zarten Stränge angehören.

Zur Erforschung der weiteren Bahnen dieser beiden Fasersysteme ist am fruchtbringendsten das Studium des fötalen Hirns, und zwar kraft des Umstandes, dass die den Kernen der Keilstränge entstammenden Fasern ihr Nervenmark um ein Beträchtliches früher erhalten, als die aus den Kernen der zarten Stränge kommenden Fasern. Die ersteren sind bei Früchten von ca. 30 cm und sogar darunter bereits markhaltig, während die letzteren erst bei Früchten von ca. 35—38 cm markhaltig angetroffen werden.

Angesichts dessen sind zur Untersuchung der den Kernen der Keilstränge angehörenden Fasern Früchte von nicht über 30 cm das geeignetste Material; Früchte von ca. 38 cm können zum Studium derjenigen Fasern dienen, welche aus den Kernen der zarten Stränge hervorgehen.

Bei der Untersuchung des Centralnervensystems der erst genannten Föten überzeugen wir uns, dass die in den Kernen der Keilstränge beginnenden Fasern, nachdem sie die hintere oder obere Kreuzung erzeugt, teils zum unteren centralen Kern sich begeben (Taf. Fig. II, IV, 14), teils in das zwischen den unteren Oliven gelegene Gebiet, die sg. Olivenzwischenschicht, und zwar vorzugsweise in den vorderen Bereich der letzteren, eindringen (Taf. Fig. II, VI, 13). Von hier streben diese Fasern aufwärts, und bilden dann, hart hinter den Querfasern des Corpus trapezoides verlaufend, den lateralen Teil der Hauptschleife, welche einen Bestandteil der sg. Schleifenschicht bildet.

Zum Verständnis der topographischen Verhältnisse des erwähnten Faserbündels wollen wir uns folgendes vor allem merken.

Als Schleifenschicht bezeichnet man eine Schicht weisser Substanz, welche sich in Form einer breiten Lage darstellt und welche auf einer gewissen Strecke die obere Etage des Hirnstammes von der unteren scheidet. Diese Schicht ist im wesentlichen die Fortsetzung der obenerwähnten Faserzüge der Olivenzwischenschicht, welche schon in der Höhe des unteren Brückenbereiches sich in Gestalt einer Lage ausbreiten. Letztere rückt, während ihm weiterhin aus anderen Quellen

Faserzüge zufliessen, in der Ebene des Vierhügels allmählich an die laterale Seite der oberen Etage oder Haube; in der Höhe des vorderen Vierhügels hat sein Querschnitt die Form einer mit der Konkavität medianwärts gerichteten Sichel. Diese Gestalt bewahrt die Schleifenschicht bis zum oberen Bereich des vorderen Vierhügels; weiterhin aber begeben sich ihre Fasern teils zu den Hemisphären, teils werden sie durch graue an der Hirnbasis lagernde Kerne (Thalamus opticus, globus pallidus des Linsenkerns) unterbrochen. Darauf kommen wir später noch genauer zurück.

In topographischer Hinsicht müssen wir gegenwärtig die gesamte Schleifenschicht folgendermassen einteilen:

1) Die Hauptschleife. Sie bildet den wesentlichsten Bestandteil der Schleifenschicht und erstreckt sich durch den ganzen Gehirnstamm. — 2) Die laterale oder untere Schleife, welche der Hauptschleife lateralwärts anliegt und vom Niveau der oberen Oliven bis zu den Kernen des hinteren Vierhügels reicht.[1]) — 3) Zerstreute Bündel. Sie treten aus der Basis des Grosshirnschenkels hervor und durchsetzen nahezu die ganze Breite der Hauptschleife, hauptsächlich aber die mediale Abteilung der letzteren von der Ebene der substantia nigra bis zum unteren Gebiet der Brücke. — 4) Das mediale accessorische Bündel der Schleifenschicht tritt aus der Basis des Pedunculus cerebri und lagert sich medial von der Schleifenschicht (s. Schema 10).[2])

Die aufgezählten grossen Abteilungen der Schleifenschicht sind nicht allein nach Lage und Abstammung, sondern auch nach der

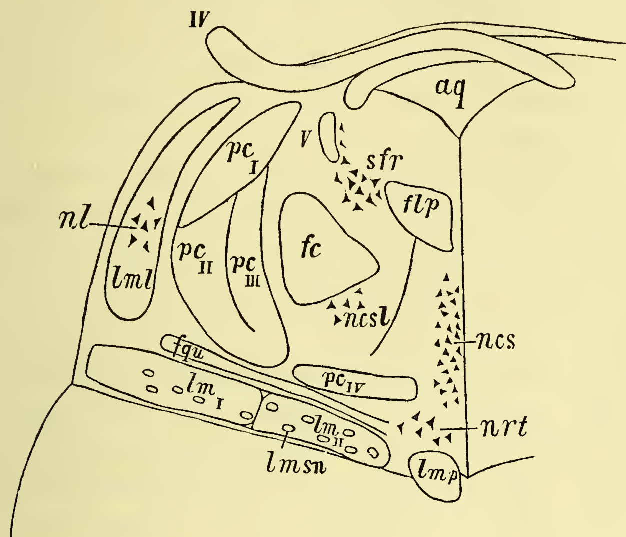
---

[1]) Dem entsprechend bezeichnet Forel als obere Schleife ein Faserbündel, welches aus dem Kern des hintern Vierhügels zum Thalamus opticus verläuft und welches in der Höhe des vorderen Vierhügels dem dorsalen Rande der Schleifenschicht benachbart liegt.

[2]) Nach Edinger gesellen sich, wie bereits erwähnt, auch aus dem Grundbündel des Vorder- und Seitenstrangs zur Schleifenschicht Fasern, welche sich in der vorderen Kommissur kreuzen. Jedoch spricht Edinger nicht genauer von dem Verlauf dieser Fasern in der Schleifenschicht, sodass man keine klare Vorstellung von der weiteren Bahn derselben gewinnt.

Zeit der Entwickelung ihrer Fasern scharf von einander geschieden. Am frühesten, circa im 5.—6. Schwangerschaftsmonat, bildet sich die laterale oder untere Schleife, nach einiger Zeit die Hauptschleife; erst nach der Geburt entstehen die zerstreuten Bündel der Schleifenschicht, endlich noch später das accessorische Bündel der Schleife.

Schema 10.



Schematisches Querschnittsbild der Faserung der Schleifenschicht und des pedunculus cerebelli anterior.

lm$_I$ — Fasern der Hauptschleife, welche aus dem Kern des Keilstrangs hervorgehen; *lm$_{II}$* — Fasern der Hauptschleife, aus dem Kern des zarten Stranges hervorgehend; *lmp* — Fasern des medialen accessorischen Bündels der Schleife; *lmsn* — zerstreute Bündel der Schleifenschicht; *lml* — laterale Schleife; *nrt* — vorderer Teil des nucleus reticularis; *ncs* — nucleus centralis superior; *ncsl* — nucleus centralis superior lateralis; *flp* — hinteres Längsbündel; *aq* — Aquaeductus Sylvii; *IV* — Wurzeln des Trochlearis; *V* — absteigende Trigeminuswurzel; *sfr* — substantia ferruginea; *fc* — laterales Bündel der Haube; *pc$_I$* — dorsales Bündel des pedunculus cerebelli anterior; *pc$_{II}$* — mittleres Bündel des pedunculus cerebelli anterior; *pc$_{III}$* — mediales Bündel des pedunculus cerebelli anterior; *pc$_{IV}$* — ventrales Bündel des pedunculus cerebelli anterior, welches zwischen beiden Kernen des n. vestibularis eine Kommissur bildet; *fqu* — Fasern, welche aus dem Bereich des hinteren Vierhügels zum nucleus reticularis ziehen.

Die Hauptschleife kann nach der Zeit der Anlage ihrerseits in eine äussere und eine innere Abteilung gesondert werden; die erstere wird früher angelegt, als die letztere.

Zur Zeit lassen wir bei Seite sowohl die laterale Schleife, welche, wie wir sehen werden, die centrale Fortsetzung des Akustikus bildet, als auch die zerstreuten Bündel und das accessorische Bündel der Schleifenschicht, welche sich, wie unten gezeigt wird, als centrale Leitungen sensibler und motorischer Gehirnnerven darstellen. An dieser Stelle wollen wir nur jene Bündel der Schleifenschicht eingehender behandeln, welche aus den Hintersträngen des Rückenmarkes sich fortsetzen.

Serienschnitte aus Gehirn und Rückenmark von circa 30 bis 35 cm langen Früchten lassen erkennen, dass die aus den Keilsträngen hervorgehenden, den lateralen Bezirk der Hauptschleife zusammensetzenden Fasern in der Folge eine zweifache Richtung einschlagen: Die einen (Taf. Fig. V und VI, 13′) beginnen schon in der Höhe des hinteren Vierhügels entlang der Peripherie des Grosshirnschenkels nach hinten umzubiegen; bald darauf treten sie mit dem hier befindlichen lateralen Schleifenkern, dem Corpus parabigeminum (Taf. Fig. V und VI, *nll*) in Zusammenhang, während ein Teil von ihnen in das Gebiet des vorderen Vierhügels sich einsenkt. Die anderen setzen ihre Bahn weiter aufwärts fort; in der Ebene des oberen Teils des roten Kerns beginnen sie allmählich lateralwärts umzubiegen und begeben sich zum Luysschen Kern (Taf. Fig. V, 13″). Ein Teil der Fasern erfährt hier offenbar eine Unterbrechung; der grösste Teil jedoch geht an der oberen und lateralen Seite des Luysschen Kerns vorbei, einerseits zur Linsenkernschlinge und verbindet sich mit dem ersten und zweiten Gliede des Globus pallidus (Taf. Fig. VI, 13), andererseits durch Vermittelung der sog. Meynertschen Kommissur zum Globus pallidus der anderen Seite.

Da bei 33—35 cm langen Früchten von allen Teilen der Hemisphären nur die eben beschriebenen Schleifenfasern markhaltig angetroffen werden, so kann die Endigung der letzteren im Globus

pallidus durch die entwickelungsgeschichtliche Untersuchung mit der grössten Anschaulichkeit demonstriert werden. Was die Beziehungen des geschilderten Schleifenbündels zur Meynertschen Kommissur betrifft, welche, wie ich mich überzeugen konnte, gleichzeitig mit den aus den Kernen der Keilstränge stammenden Schleifenfasern, und früher als alle übrigen Bündel des Tractus opticus sich entwickelt, so können wir an Präparaten des fötalen Hirns einmal den kontinuirlichen Übergang der erwähnten Schleifenfasern in die Meynertsche Kommissur beobachten und andererseits den Zusammenhang der Fasern der letzteren mit dem Globus pallidus des Linsenkerns konstatieren. Dieser Umstand berechtigt uns zu dem Schluss, dass die aus den Kernen der Keilstränge hervorgehenden Schleifenfasern nicht nur mit dem Globus pallidus einer Seite, sondern durch Vermittelung der Meynertschen Kommissur auch mit dem Globus pallidus der anderen Seite (Schema 11) in Verbindung treten[1]).

Die aus den Kernen der zarten Stränge hervorgehenden Faserbündel bilden den zweiten Bestandteil der hinteren oder oberen Kreuzung. Sie durchsetzen die Olivenzwischenschicht hinter den aus den Kernen der Keilstränge kommenden Fasern und verlieren sich zum Teil im Nucleus reticularis (Taf. Fig. VI, 10'); ihre Hauptmasse begiebt sich weiter aufwärts und bildet die mediale Abteilung der Hauptschleife. (Taf. Fig. III, IV, V, VI, 10.)

In der Schleifenschicht erheben sich die den Kernen der zarten Stränge angehörenden Fasern ununterbrochen aufwärts; sie lagern sich in der Höhe des roten Kernes medianwärts von dem Fasergebiet der Kerne des Keilstranges und bilden mit letzterem zusammen jenes Bündel der Schleife, welches in dieser Gegend auf Querschnitten Sichelform darbietet (Taf. s. Fig. V). Von hier begiebt

---

[1]) Die Meynertsche Kommissur dient auch, wie wir unten sehen werden, zur gekreuzten Verbindung des Linsenkerns mit dem Luysschen Körper. Die früher angenommene Verknüpfung der beiden Corpora geniculata interna durch die Meynertsche Kommissur wird gegenwärtig gänzlich in Abrede gestellt (s. Darkschewitsch und Pribytkow, Neurol. Centralbl. Orig. Mitth. No. 14. 1891).

sich ein grosser Teil der den Kernen der zarten Stränge entstammenden Fasern zum Thalamus opticus, in welchem sie eine teilweise Unterbrechung erfahren.

Ausserdem giebt es einen unmittelbaren Zusammenhang eines Teiles der den Kernen der zarten (und wahrscheinlich keilförmigen) Stränge angehörenden Fasern der Schleife mit der Hirnrinde, wie Monakow und Flechsig auf Grund der Degenerationen dieser Fasern behaupten (Schema 11).[1])

Früher nahm man eine Verbindung der Hinterstrangkerne mit den unteren Oliven und durch Vermittelung der letzteren mit dem Kleinhirn an. Diese Annahme ist jedoch nicht aufrecht zu erhalten, weil bei Früchten von ca. 38—40 cm. Länge das Grau der unteren

---

[1]) Wir müssen bemerken, dass die Schleifenschicht infolge der verschiedenen Abstammung ihrer Fasern in pathologischen Fällen sowohl aufsteigend, wie absteigend degenerieren kann. So trat in den Fällen Monakows (Berlin. Gesellsch. f. Psych. und Nervenkr. 1885. Neurol. Centralbl. pag. 265. 1885) nach Zerstörung des Parietallappens bei jungen Tieren allmähliche Atrophie der Schleifenschicht, der fibræ arcif. int. der entgegengesetzten Seite und des anderseitigen Kerns der zarten Stränge auf. Dasselbe wurde von Flechsig und Hösel (Neurol. Centralbl. 14. 1890) in einem Fall von porencephalitischem Defekt beider Centralwindungen, von Schräder (Dissert. 1884), von mir und Anderen beobachtet.

Bei absteigender Degeneration der Schleife findet man ausser einer Atrophie des Kerns der zarten Stränge bisweilen auch eine solche des Kerns der Keilstränge; unversehrt bleibt die äussere oder laterale Partie des letzteren Kerns (Monakow), welche Beziehungen zum Kleinhirn hat. — Andererseits wurde im Gefolge eines ventralwärts von den Kernen der Hinterstränge lokalisierten, mit Läsion der fibrae arciformes internae einhergehenden pathologischen Prozesses, von Meyer (Arch. f. Psych. XVII, 1886) Degeneration der anderseitigen Olivenzwischenschicht und Schleifenschicht bis hinauf zum vorderen Vierhügel konstatiert. Ebenso konnte Rossolimo (Bote f. klin. und gerichtl. Psych. Russisch. 1890) nach gliomatöser Zerstörung eines Hinterhorns sekundäre Degeneration der anderseitigen Schleife nachweisen. — In den Versuchen von Vejas (Arch. f. Psych. XVI, 1885) entwickelte sich nach Zerstörung der Kerne der Hinterstränge bei neugeborenen Tieren allmählich Atrophie der fibrae arciformes internae auf der gleichen, Atrophie der Olivenzwischenschicht auf der entgegengesetzten Seite, und eine Atrophie der Schleife, welche aufwärts nur bis zur Höhe des Corpus trapezoides zu verfolgen war. — Endlich beobachteten Singer und Münzer (Abh. d. math.-nat. Klasse d. K. K. Akademie d. Wissensch., Wien, 1890) nach experimenteller Zerstörung der Kerne der Keilstränge Atrophie der fibrae arciformes internae und eine bis zu den Sehhügeln nachweisbare Atrophie der anderseitigen Schleife.

Schema 11.

Schematische Darstellung der Fasern, welche aus den Kernen der Hinterstränge zur Schleifenschicht und zu den pedunculi cerebelli verlaufen.

C — Hirnrinde; *nl* — nucleus lenticularis; *th* — thalamus opticus; *cL* — Luysches Corpus s. c. subthalamicum; *qa* — vordere Vierhügel; *qs* — hintere

Vierhügel; *nll* — Corpus parabigeminum; *nl* — Kern der lateralen Schleife; *os* — obere Olive; *VIII* — vorderer Kern des Akustikus; *oi* — untere Olive; *nla* — vorderer Seitenstrangkern; *nlp* — hinterer Seitenstrangkern; *nfc* — Kern des Keilstranges; *nfg* — Kern des zarten Stranges; *cr* — Corpus restiforme; *1* und *8* — Fasern von den unteren Oliven zum Kleinhirn; *2* — Fasern des Kleinhirn-Seitenstrangbündels; *3* — Fasern aus dem vorderen Seitenstrangkern zum Kleinhirn; *4* — Fasern aus dem hinteren Seitenstrangkern zum Kleinhirn; *5* — Fasern aus dem Kern des Keilstranges zum Kleinhirn; *6* und *7* — Fasern aus den beiderseitigen Kernen der zarten Stränge zum Kleinhirn; *9* — Lateraler Teil der Hauptschleife, aus Fasern hervorgehend, welche im anderseitigen Kern des Keilstranges entspringen; *10* — medialer Bereich der Hauptschleife, aus Fasern gebildet, welche aus dem anderseitigen Kern des zarten Stranges hervorgehen; *14* — Rindenschleife; *16* — Fasern des medialen Bereiches der Hauptschleife, welche zum Thalamus opticus sich begeben; *15* — Schleifenfasern, welche die Meynertsche Kommissur bilden.

Oliven noch ganz frei von markhaltigen Fasern ist, während alle aus den Hinterstrangkernen kommenden Fasern ihre Markscheidenbildung bereits beendet haben.

Die Untersuchung des fötalen Centralorgans lässt uns vielmehr erkennen, dass eine direkte Beziehung zwischen den Kernen der zarten Stränge und dem Kleinhirn besteht. In der Ebene des oberen Teils der hinteren Kreuzung angelegte Schnitte weisen konstant Fasern auf, welche aus jenem Teil der hinteren Kreuzung in die Pyramide eintreten, der den Kernen der zarten Stränge angehört. Diese Fasern zerstreuen sich zunächst zwischen den longitudinal verlaufenden Zügen der Pyramide, zum Teil umgehen sie die letztere an der vorderen oder hinteren Seite und erleiden im nucleus arciformis der Pyramide eine Unterbrechung. Darauf sammeln sie sich am lateralen Winkel der Pyramide wieder zu einem geschlossenen Bündel und ziehen entlang der Peripherie der Oblongata zum Corpus restiforme aufwärts als sog. fibrae arcuatae s. zonales anteriores (Taf. Fig. II und VI, 11).[1])

---

[1]) Da das Pyramidenbündel etwas später markhaltig wird, als die erwähnten Fasern der hinteren Kreuzung, so sind letztere am fötalen Hirn aus enstprechender Entwickelungsperiode natürlich mit Leichtigkeit zu demonstrieren. Auch in Fällen von sekundärer Degeneration des Pyramidenbündels heben sie sich auf das deutlichste von den entarteten Fasern ab.

Dass die geschilderten Fasern thatsächlich den Kernen der zarten Stränge angehören, lehrt nicht allein der direkte Nachweis ihres unmittelbaren Zusammenhangs mit den erwähnten Kernen, sondern auch das Ergebnis der embryologischen Untersuchung. Sie entwickeln sich nämlich gleichzeitig mit den anderen aus den Kernen der zarten Stränge hervorgehenden Fasern, und zwar können sie erst bei Früchten von ca. 35—38 cm Länge markhaltig angetroffen werden.

Wir sehen demnach, dass die erwähnten Fasern eine gekreuzte Verbindung zwischen den Kernen der zarten Stränge und dem Kleinhirn vermitteln.

Von den Kernen der zarten Stränge, sowie von den lateralen Kernen der Keilstränge begeben sich jedoch auch entlang der Peripherie der gleichnamigen Seite der Oblongata zum Corpus restiforme Faserbündel, welche als fibrae arcuatae s. zonales posteriores bekannt sind. Diese Bündel stellen demnach eine Verknüpfung der Hinterstrangkerne mit dem Kleinhirn durch Vermittelung des gleichseitigen Corpus restiforme her. Bei der Schilderung der Kleinhirnfaserung kommen wir auf diese Verknüpfungen noch zurück.

Wir wenden uns nunmehr zu einer Betrachtung jener Fasern des Hirnstammes, welche die obere Fortsetzung des Grundbündels der Vorder- und Seitenstränge darstellen.

Die Fasern des letzteren sind schon bei Früchten von ca. 25 bis 27 cm Länge markhaltig, zu einer Zeit also, wo alle übrigen Bestandteile der weissen Rückenmarksäulen, mit alleiniger Ausnahme des vorderen lateralen Abschnittes der Burdachschen Stränge, noch keine Spur einer Markscheide aufweisen. Solche Früchte sind daher das geeignetste Material zum Studium der cerebralen Fortsetzungen der Grundbündel.

Das Studium der betreffenden Serienschnitte lässt uns erkennen, dass alle Fasern des Grundbündels der Vorder- und Seitenstränge insgesamt in die Formatio reticularis des Hirnstammes übergehen. Und zwar gehen die Fasern des Grundbündels der Vorder-

stränge und ein beträchtlicher Teil der Fasern des Grundbündels der Seitenstränge in das s.g. mediale Feld und in die benachbarten Bezirke des lateralen Feldes der Formatio reticularis über (Taf. Fig. II. 8, 9).[1]) Der am meisten nach hinten gelegene Bezirk des Grundbündels der Seitenstränge (Taf. Fig. I. 7) entfernt sich beim Übergang des Rückenmarkes in die Oblongata von den anderen Teilen des Grundbündels; an der Peripherie des verlängerten Markes nimmt er das laterale Feld der Formatio reticularis für sich in Anspruch, und verläuft dann als gänzlich gesondertes Bündel aufwärts (Taf. II, III. 7). Letzteres trägt seit den Untersuchungen Monakows den Namen aberrierendes Bündel, jedoch sollte es, seiner Lage wegen, meiner Ansicht nach zweckmässiger peripheres Bündel des verlängerten Markes geheissen werden.

Der Übergang des grössten Teils des Grundbündels der Vorder- und Seitenstänge in die Formatio reticularis vollzieht sich in folgender Weise: Hand in Hand mit der Rückwärtslagerung des Centralkanals rückt das Grundbündel des Vorderstrangs, stets die Form eines kompakten Bündels beibehaltend, allmählich den dorsalen Bezirken des verlängerten Markes näher und zieht hierbei den vorderen Abschnitt des Grundbündels der Seitenstränge mit sich.

Dem entsprechend finden wir am fötalen Hirn bereits in der Höhe der mittleren Partien der Oliven im medialen Felde der Formatio reticularis zu beiden Seiten der Raphe dicht gedrängte Faserzüge, welche auf Querschnitten in Gestalt zweier mächtiger senkrechter Kolonnen sich repräsentieren. Die oberen, richtiger die hinteren Partien dieser Kolonnen weisen ein dichteres Gefüge auf: sie sind aus der Fortsetzung des Grundbündels der Vorderstränge

---

[1]) Wir bezeichnen als mediales Feld der Formatio reticularis den Teil der letzteren, welcher lateralwärts durch eine Ebene begrenzt wird, die man sich durch die Richtung des Austrittes der Wurzeln des N. hypoglossus und abducens gelegt denkt. Den lateralwärts vom medialen Felde gelegenen Teil der Formatio reticularis, welcher in dorso-lateraler Richtung durch den Austritt der Wurzeln des IX. und X. Nervenpaares begrenzt wird, betrachten wir als das laterale Feld der Formatio reticularis.

hervorgegangen; der untere oder vordere Bereich der Kolonnen, von weniger dichtem Gefüge, erreicht die Olivenzwischenschicht: er repräsentiert die Fortsetzung des vorderen Abschnitts des Grundbündels der Seitenstränge.

Der Rest des letzteren folgt nicht unmittelbar dem Verlauf des Grundbündels der Vorderstränge. Vielmehr zieht er in Form zerstreuter Fasern durch die Reste der Vorderhörner und lagert sich darauf zu einem kleinen Teil dorsalwärts von den unteren Oliven, zum grössten Teil aber zu beiden Seiten der geschilderten Kolonnen, lateralwärts etwas über die Wurzeln des Hypoglossus hinaus sich erstreckend.

Verfolgen wir bei Früchten von ca. 25—27 cm Länge auf Serienschnitten die genannten Faserzüge aufwärts, so nehmen wir wahr, dass gleichzeitig mit dem Auftreten des Vorderstrangkerns und des Nucleus centralis inferior in der Höhe der unteren Oliven ein grosser Teil der Fasern verschwindet, welche dem vorderen Bereich des medialen und teilweise auch des lateralen Feldes der Formatio reticularis angehören. Aufwärts von diesen Kernen sind nur jene Fasern anzutreffen, welche die dichter gefügten hinteren Partien der obenbeschriebenen Kolonnen des medialen Feldes bilden und im wesentlichen aus dem Grundbündel des Vorderstranges hervorgegangen sind, und dann noch ein Teil der markhaltigen Fasern des lateralen Feldes der Formatio reticularis.

Es erfährt demnach ein recht beträchtlicher Teil der Fasern der Formatio reticularis im Kern des Vorderstrangs und im unteren centralen Kern eine Unterbrechung. Dabei ergiebt der Vergleich von Schnitten, welche unmittelbar unterhalb und oberhalb dieser Kerne geführt sind, dass hier hauptsächlich dem Grundbündel der Seitenstränge zukommende Fasern unterbrochen werden. (Taf. Fig. II und IV, 14, 14'.)

Das andere im lateralen Felde der Formatio reticularis gelegene, dem hinteren Bereich der grossen Kolonnen des medialen Feldes benachbarte Fasergebiet des Grundbündels der Seitenstränge (Taf.

Fig. II, III, VI, 8, 8′) endet nicht im centralen Kern, sondern begiebt sich weiter aufwärts. Auch die Mehrzahl der Fasern des Grundbündels der Vorderstränge, welche die hintere Abteilung der Kolonnen des medialen Feldes bilden (Taf. Fig. II, III, IV, V, VI, 9), setzt sich noch oberhalb des nucleus centralis inferior fort.

Die Gesamtheit dieser, durch den centralen Kern nicht unterbrochenen Fasern verläuft ohne Änderung der gegenseitigen Lage aufwärts zu dem in der Höhe der Brücke gelegenen nucleus reticularis tegmenti (Taf. Fig. IV, *nrt*). Hier verschwindet wiederum ein bedeutender Teil der Fasern des medialen und lateralen Feldes. Aufwärts vom nucleus reticularis setzt sich nur der dorsale Teil der zu beiden Seiten der Raphe gelegenen Fasern des Grundbündels der Vorderstränge und ein sehr kleiner Teil der Seitenstränge fort. Im Nucleus reticularis findet also wieder eine Unterbrechung von Fasern der Formatio reticularis statt, welche aus dem Grundbündel der Vorder- und Seitenstränge hervorgehen. (Taf. Fig. VI. 8, 9.)

Von den übrigen aus dem Grundbündel stammenden Fasern der Formatio reticularis kreuzt sich ein Teil in der Raphe und verliert sich darauf im nucleus centralis superior (Taf. Fig. IV, *ncs*; Taf. Fig. VI, 9″) und vielleicht auch im Ganglion interpedunculare von Gudden; der andere, im medialen Felde der Formatio reticularis am meisten dorsal gelegene, aus den hinteren Partien des Grundbündels der vorderen Stränge hervorgegangene Teil begiebt sich als sog. hinteres Längsbündel (Taf. Fig. V, VI, 9‴) aufwärts.[1])

Nach Meynert verläuft das hintere Längsbündel kontinuierlich zur Hirnrinde. Die Untersuchung des embryonalen Gehirns zu einer Zeit, wo in der Gegend des vorderen Vierhügels nur die hintere Kommissur und das hintere Längsbündel markhaltig angetroffen

---

[1]) Das hintere Längsbündel entsteht jedoch nicht allein aus den Fasern des Grundbündels der Vorderstränge, sondern enthält noch Fasern, welche zur gegenseitigen Verbindung der Kerne des Abducens, Trochlearis und Okulomotorius dienen (Taf. Fig. VI). Wir kommen auf die Bestandteile des hinteren Längsbündels und deren Endigung noch zurück.

werden, erweist jedoch mit Sicherheit, dass die Fasern des letzteren, sofern sie als Fortsetzung des Grundbündels der Vorderstränge auftreten, sich nicht unmittelbar mit den Hemisphären verbinden; vielmehr erleiden sie auf ihrem Wege eine Unterbrechung in dem sog. oberen Okulomotoriuskern (Taf. Fig. V, VI *n III*), welcher mit dem ventralen Bezirk der hinteren Kommissur im Zusammenhang steht.[1])

Zu Gunsten dieser Anschauung sprechen auch die durch Untersuchung der Degenerationen gewonnenen Thatsachen. In einem von Dr. Jakowenko untersuchten Fall hörte die Degeneration des hinteren Längsbündels an der Grenze des Okulomotoriuskerns plötzlich auf.

Was die Fasern betrifft, welche sich aus dem hintersten Gebiet des Grundbündels der Seitenstränge aufwärts in Gestalt eines gesonderten Bündels fortsetzen, das längs der Peripherie des verlängerten Markes im lateralen Felde der Formatio reticularis sich hinzieht, so sind dieselben im fötalen Gehirn nur bis zur Höhe der Kerne des Corpus trapezoides und der oberen Oliven (Taf. Fig. III, VI, 7) zu verfolgen. Sie erfahren hier (höchstwahrscheinlich in den Kernen des Corpus trapezoides) eine Unterbrechung. Von ihrer weiteren, cerebralwärts gerichteten Fortsetzung wird unten die Rede sein.

An dieser Stelle müssen wir noch der Beziehungen gedenken, welche zwischen der Fortsetzung des Grundbündels der Vorder- und Seitenstränge und dem Deitersschen Kern (Taf. Fig. VI. *nD*) bestehen.

Monakow machte unlängst die Beobachtung, dass bei einem jungen Kaninchen nach Durchschneidung nahezu der ganzen Hälfte des Halsmarkes — mit Ausnahme der Vorderstränge und der Gollschen Bündel — eine allmähliche Atrophie des Deitersschen Kerns sich ausbildete. Es folgt daraus, dass der Deiterssche Kern in inniger Beziehung zum Rückenmark steht. Die ursprüngliche Vor-

---

[1]) Auch beim Maulwurf fanden wir diesen Kern als Endstation des hier sehr schmächtigen hinteren Längsbündels. Bemerkenswert ist, dass bei diesem Tier der ventrale Bezirk der hinteren Kommissur relativ stark ausgebildet ist.

aussetzung Monakows, der Deiterssche Kern stehe in Verbindung mit dem Kern des Keilstrangs, welch letzterer in dem erwähnten Versuch sich ebenfalls deutlich atrophisch erwies, bestätigte sich in der Folge nicht. Vielmehr zeigte späterhin Vejas (im Laboratorium Forels), dass direkte Zerstörung der Kerne der Hinterstränge bei jungen Tieren keine Atrophie des Deitersschen Kerns zur Folge hat. Es erübrigt hiernach nur die Annahme, der Deiterssche Kern stehe in Verbindung mit den Seitensträngen, beziehentlich den Grundbündeln der letzteren.

Die Richtigkeit dieser Ansicht findet vollste Bestätigung in den Resultaten der entwickelungsgeschichtlichen Untersuchung. Schon bei Früchten von circa 28 cm Länge lassen sich mit Bestimmtheit markhaltige Faserzüge nachweisen, welche aus dem Deitersschen Kern in das Gebiet der Formatio reticularis übergehen. Diese Fasern (Taf. Fig. II und VI, 8′) verlaufen schräg nach vorn und innen und biegen darauf in den mittleren Partien des lateralen Feldes der Formatio reticularis allmählich abwärts, d. h. kaudalwärts um; hierbei liegen sie eine Strecke weit dem centralen Haubenbündel an, zum Teil vermengen sie sich sogar mit den Fasern desselben (s. unten). Weiterhin gehen die geschilderten Faserzüge, stetig lateralwärts hinausrückend, in den mittleren Teil des lateralen Feldes der Formatio reticularis über, biegen dann um die entsprechende untere Olive und begeben sich endlich höchstwahrscheinlich ohne Unterbrechung zum Grundbündel des Seitenstrangs[1]).

Die Fortsetzung des später angelegten, inneren Bündels der Seitenstränge zur Formatio reticularis lässt sich erst an älteren Früchten (von circa 30—32 cm Länge) verfolgen, d. h. zu einer

---

[1]) Neuerdings wird von Bruce (Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, 1891. Edingers Bericht pro 1891) ein Faserbündel beschrieben, welches von der unteren Olive zum Deitersschen Kern hinzieht. Dieses Bündel, welches nach Bruce die genannten beiden Formationen mit einander verknüpft, ist offenbar identisch mit den von mir beschriebenen, den Deitersschen Kern mit dem Grundbündel verbindenden Fasern.

Zeit, wo die Markscheidenbildung in diesem Bündel bereits abgeschlossen ist.

An den entsprechenden Serienschnitten gewinnt man die Überzeugung, dass die Fasern dieses Bündels in das laterale Feld der Formatio reticularis übergehen und hier den Kernen des Seitenstrangs benachbart liegen (Taf. Fig. II, 8). Über den Ort ihrer thatsächlichen Endigung im verlängerten Mark liegen jedoch bisher keine sicheren Angaben vor.

Dasselbe gilt von jenem Fasersystem, welches in den Seitensträngen des Rückenmarkes unmittelbar nach vorn und innen vom Pyramidenstrang liegt.

Was das antero-laterale Bündel der Seitenstränge betrifft, so behält dieses beim Übergang des Rückenmarkes in das verlängerte Mark dieselbe Lage, wie im oberen Teil des Rückenmarkes, d. h. es liegt an der Peripherie des vorderen Abschnitts der lateralen Oberfläche der Oblongata. So gelangt es bis zur Gegend des vorderen Seitenstrangkerns, wo es plötzlich verschwindet, wie es scheint, weil es in diesem Kern unterbrochen wird.

Es erübrigt noch, mit einigen Worten der centralen Fortsetzung zweier Bündel des Rückenmarkes, nämlich des direkten Kleinhirnbündels und der Pyramidenstränge, innerhalb des Stammteils zu gedenken.

Bezüglich des Kleinhirnbündels ist hier zu bemerken, dass es beim Übergang des Rückenmarkes in die Oblongata dem Winkel zwischen Hinterhorn und äusserer Oberfläche des Rückenmarkes immer näher rückt; mit dem Auftreten des Corpus restiforme gelangen seine Fasern entlang der Peripherie der Oblongata zu diesem und begeben sich darauf zum Kleinhirn. Verlauf und Endigung dieses Bündels im Kleinhirn werden wir später noch genauer zu besprechen haben.

Was endlich die Pyramidenstränge betrifft, so bilden diese im ventralen Teil des verlängerten Markes jene mächtigen, dicht gedrängten Faserbündel, welche als Pyramiden bekannt sind. Cerebral-

wärts verlaufen die Pyramidenbündel in der unteren Etage des Hirnstammes; in der Brücke erfahren sie durch Querfaserzüge eine Zerklüftung in mehrere Einzelbündel, welche sich beim Übertritt in den Grosshirnschenkel wieder zu einem, im Querschnitt keilförmig gestalteten Strang sammeln, der, von aussen nach innen gerechnet, ungefähr das zweite Viertel des Hirnschenkelfusses einnimmt. Noch weiter aufwärts tritt das Pyramidenbündel in den Bereich der inneren Kapsel ein, wo es ungefähr dem mittleren Drittel des hinteren Schenkels entspricht. Von hier verlaufen seine Fasern direkt zur Rinde der Hemisphären, und zwar zu den Centralwindungen und zum hinteren Gebiet der Stirnwindungen.[1])

Während wir uns bisher mit denjenigen Fasern des Hirnstamms beschäftigten, welche als nächste Fortsetzung von Faserbündeln des Rückenmarkes sich kennzeichnen, treten wir nunmehr an eine Betrachtung jener Fasern heran, welche, sofern sie die verschiedenen grauen Nester des Hirnstamms mit einander verknüpfen, ebenfalls durch Vermittelung der letzteren als centrale Fortsetzungen leitender Systeme des Rückenmarkes resp. als centrale Bahnen von Hirnnerven sich darstellen.

Die centrale Fortsetzung der Hinterstränge haben wir bereits in der Schleifenschicht durch den ganzen Hirnstamm verfolgt. Wir beginnen hier daher mit der Betrachtung jener Verknüpfungen, welche aus der Fortsetzung der Grundbündel der Vorder- und Seitenstränge hervorgehen. Wie wir sahen, präsentieren sich als erste Haltestationen, zu welchen die Fasern dieser Bündel gelangen, die Vorderstrangkerne, die unteren centralen Kerne, der nucleus reticularis, ferner die Kerne des Corpus trapezoides (und die oberen

---

[1]) Es sei hier bemerkt, dass die relative Lage des Pyramidenbündels in verschiedenen Ebenen der inneren Kapsel nicht ganz dieselbe ist. Ausserdem kommen offenbar gar nicht selten recht beträchtliche individuelle Abweichungen der Lage der Pyramidenbündel in der inneren Kapsel vor. Dies erklärt uns, warum die hierauf bezüglichen Angaben bei verschiedenen Autoren sich gegenwärtig häufig widersprechen.

Oliven?), die Kerne des Okulomotorius und vielleicht auch das Ganglion interpedunculare Guddens.

Sämtliche hier namhaft gemachten grauen Nester, mit Ausnahme der beiden letztgenannten Bildungen, liegen in der Formatio reticularis, welche durch den ganzen Hirnstamm dicht bis an die Sehhügel sich erstrecken, um hier zu verschwinden. Dieses berechtigt uns zu dem Schluss, dass die erwähnten Kerne durch Vermittelung der Fasern der Formatio reticularis mit dem Thalamus opticus zusammenhängen, insbesondere mit dem lateralen Kern des letzteren, welcher eine grosse Anzahl von Fasern aus dem Hirnstamm aufnimmt.

Was den oberen Kern des Okulomotorius betrifft, so nimmt er, wir wir sahen, die Fasern des ventralen Bündels der hinteren Kommissur (Taf. Fig. VI und V, 31') in sich auf. Das Ganglion interpedunculare Guddens steht durch Vermittelung des sog. Fasciculus retroflexus [Meynert] in direktem Zusammenhang mit dem nucleus habenulae, welches seinerseits mit dem Thalamus opticus, dem es unmittelbar anliegt, innig zusammenhängt.

Die centrale Fortsetzung der hinteren Bezirke des Grundbündels der Seitenstränge hatten wir als ein Bündel kennen gelernt, welches an der äusseren Oberfläche des verlängerten Markes bis zum Kern des Corpus trapezoides emporsteigt. Weiter aufwärts bildet seine Fortsetzung offenbar jenes Faserbündel, welches anfänglich in Gesellschaft der lateralen Schleife verläuft, und darauf in der Gegend des hinteren Vierhügels das seitlich-ventrale Gebiet der Haube medialwärts von der lateralen Schleife einnimmt. Noch höher oben erzeugen die Fasern dieses Bündels die sogenannte ventrale Haubenkreuzung [Forel]; dann treten sie in Zusammenhang mit dem roten Kern der entgegengesetzten Seite. Der letztere aber nimmt von hinten her Fasern des pedunculus cerebelli anterior auf und tritt so in Verbindung mit dem Globus pallidus, mit der Hirnrinde und unter anderem auch mit dem lateralen Kern des Sehhügels.

Wir sehen demnach, dass der Thalamus opticus in ausgedehntem Zusammenhang steht mit den Längsfasern der Formatio reticularis und den grauen Kernen der letzteren. Dieser Zusammenhang ist jedoch nicht nur ein direkter, sondern er wird auch zum Teil durch andere Bildungen, z. B. den nucleus habenulae und den roten Kern vermittelt.

Hiervon abgesehen, bestehen noch andere Verknüpfungen des Sehhügels mit den Kernen der Formatio reticularis. Schon Gudden zeigte, dass von den beiden im corpus mammillare entspringenden, absteigenden Bündeln, von welchen das eine als pedunculus corporis mammillaris, das andere als Haubenbündel [Gudden] bezeichnet wird, das letztere in einem kleinen Kern aufhört, welches lateral-ventralwärts vom hinteren Längsbündel liegt. Dieser Kern ist wahrscheinlich nichts anderes, als eine der lateralen Vorwölbungen des Nucleus reticularis tegmenti; zum mindesten steht, wie es mir scheint, er mit letzterem anatomisch in innigstem Zusammenhang.

Das Haubenbündel findet, wie Gudden selbst nachwies, seine centrale Fortsetzung in dem sog. Vicq d'Azyrschen Bündel, welches in der lateralen Wand des III. Ventrikels vom Corpus mammillare zum vorderen Kern des gleichseitigen Thalamus opticus verläuft. Wir ersehen daraus, dass auch die geschilderten Verknüpfungen Glieder jener Kette darstellen, welche den Sehhügel mit den aus den Grundbündeln der Vorder- und Seitenstränge sich fortsetzenden Fasern der Formatio reticularis verbindet.[1])

Von den geschilderten Verbindungen abgesehen, steht die Formatio reticularis in ausgebreitetem Zusammenhang mit dem vorderen

---

[1]) Nach Monakow giebt es auch ein kleines gekreuztes Vicq d'Azyrsches Bündel (Monakow, Arch. f. Psychiatrie, XVI. 1885). Im Gebiet des Tuber cinereum findet sich ausserdem zuweilen ein zarter weisser Streifen, welcher nach vorne verläuft, um unter dem Chiasma zu verschwinden. Derselbe, unter der Bezeichnung Stria alba tuberis bekannt, stammt ebenfalls aus dem Corpus mammillare. Er zieht über dem Tractus opticus aufwärts und zerstreut sich pinselförmig in der Nähe des Fornix. Allem Anscheine nach bildet dieser Streifen ein von letzterem gesondertes Bündel [Lenhossék, Anat. Anz. II. 14. 1887].

und hinteren Vierhügel, mit den Brückenkernen und mit dem Kleinhirn.

Mit dem vorderen Vierhügel hängt die Formatio reticularis durch Vermittelung eines Fasersystems zusammen, welches das tief liegende Mark des vorderen Vierhügels bildet (Taf. Fig. V und VI, 58). Diese Fasern begeben sich aus der grauen Masse des vorderen Vierhügels strahlenförmig medianwärts zum Gebiet der grauen Substanz des Aquaeductus Sylvii, verlaufen dann längs der lateralen Fläche des letzteren abwärts und erreichen die Gegend zwischen den roten Kernen.

Hier machen sie in der Medianlinie eine Kreuzung durch, welche als Meynertsche fontänenförmige Kreuzung bekannt ist, und dringen nach Überschreitung der Mittellinie offenbar in den roten Kern ein. Jedoch ist nicht ausgeschlossen, dass diese Fasern noch weiter abwärts in den medialen Abschnitten der Formatio reticularis bis zu den nächstliegenden Kernen der letzteren verlaufen.[1])

Ein Teil der hier geschilderten Fasern biegt nach Erreichung der Medianlinie dorsalwärts zu den Kernen des Okulomotorius und zum hinteren Längsbündel um. Wir kommen darauf weiter unten noch zurück.

Mit dem hinteren Vierhügel hängt die Formatio reticularis durch Fasern zusammen, welche von ersterem in schrägem Verlauf zunächst längs der lateralen Fläche der Grosshirnschenkelhaube und darauf unmittelbar hinter der Schleifenschicht zum Nucleus reticularis tegmenti hinziehen (Taf. Fig. IV und VI, 22). Ein Teil dieser Fasern dringt durch Vermittelung der Raphe offenbar auch in den Bereich der Brücke ein.

---

[1]) Nach Held (Neurolog. Centralblatt. Orig.-Mitt. 16. 1890) geht dieses Fasersystem direkt in das vordere Grundbündel über. Diese Annahme ist meiner Ansicht nach unhaltbar, angesichts des Umstandes, dass die die fontänenförmige Kreuzung bildenden Fasern viel später markhaltig werden, als die Fasern des Grundbündels der Vorder- und Seitenstränge. Ebenso unrichtig ist die Ansicht Edingers, welcher die genannten Fasern zur Schleife zählt und als ein gekreuztes Bündel der Schleifenschicht betrachtet.

Der Zusammenhang der Formatio reticularis mit den grauen Massen des Pons und des Kleinhirns wird, wie ich zuerst gezeigt habe, durch Fasern hergestellt, welche aus dem nucleus reticularis und dem lateralen Abschnitt der Formatio reticularis zur Raphe verlaufen. Hier kreuzen sie sich mit ebensolchen der anderen Seite und ziehen darauf innerhalb der Raphe ventralwärts zur unteren Etage der Brücke, in deren grauer Substanz sie zum Teil aufhören; der andere Teil biegt lateralwärts um und begiebt sich direkt zum Kleinhirn (Taf. Fig. IV und VI, 24). Bei der Schilderung der Kleinhirnfaserung werden wir uns mit dieser Verknüpfung eingehender zu beschäftigen haben.

Der rote Kern, in welchem eines der aus dem Seitenstranggrundbündel centralwärts sich fortsetzenden Bündel endet, steht, wie wir sahen, unter anderem auch mit dem Globus pallidus des Linsenkerns in Zusammenhang. Der letztgenannten Verknüpfung dienen offenbar auch die Fasern der unter dem Boden des III. Ventrikels befindlichen Forelschen Kreuzung. Die von Forel beschriebenen, hinter dem Chiasma nervorum opticorum unter dem Boden des III. Ventrikels sich kreuzenden Fasern stellen, wenigstens nach L. O. Darkschewitsch, einen Teil jenes Fasersystems dar, welches unmittelbar vor dem roten Kern liegt; von hier verlaufen sie ventralwärts, kreuzen sich unter dem Boden des III. Ventrikels und begeben sich endlich längs der ventralen Fläche des Grosshirnschenkels, zwischen letzterem und dem Tractus opticus, zum Linsenkern, an dessen basale Fläche sie herantreten.

Andererseits steht auch der Linsenkern, oder eigentlich der Globus pallidus, mit mehreren Formationen in Zusammenhang. Ausser der schon geschilderten Verknüpfung mit dem roten Kern ist noch eine Verbindung des Globus pallidus mit dem Thalamus opticus bekannt, welche durch Fasern vermittelt wird, die durch die innere Kapsel hindurchziehen (Taf. Fig. VI, 33); ferner kennen wir eine Verbindung des Globus pallidus mit dem Corpus subthalamicum (Taf. Fig. VI, 15) und eine solche mit dem medialen Kniehöcker.

Die Verknüpfung des Globus pallidus mit dem Corpus subthalamicum (Luyssches corpus) ist einmal eine direkte, durch Fasern, welche von ersterem durch den am meisten lateralwärts gelegenen Bezirk des Hirnschenkelfusses zu letzterem verlaufen. Dann aber giebt es auch eine gekreuzte Verbindung beider Kerne, und zwar wird diese durch Fasern der Meynertschen Kommissur vermittelt, in welcher, wie wir sahen, auch aus den Kernen der Keilstränge hervorgehende Fasern der Hauptschleife enthalten sind.

Mit dem Corpus geniculatum mediale endlich tritt der Globus pallidus hauptsächlich durch die in der Fasermasse der Tractus optici verlaufende Guddensche Kommissur in einen gekreuzten Zusammenhang. Dass die Guddensche Kommissur gerade dieser Verknüpfung dient, dafür sprechen wenigstens die neueren diesbezüglichen Untersuchungen. Jedoch ist dabei keineswegs die Möglichkeit ausgeschlossen, dass die genannte Kommissur ausserdem eine Verbindung zwischen beiden medialen Kniehöckern herstellt.

Die aus der Fortsetzung der Grundbündel hervorgehenden Gebiete der Formatio reticularis stehen mit den höher gelegenen Bildungen offenbar auch vermittelst eines mächtigen Fasersystems im Zusammenhang, welches im dorsalen Abschnitt der hinteren Kommissur hinzieht (Taf. Fig. VI, 31).

Wie wir sahen, bildet der ventrale, sehr frühzeitig angelegte Abschnitt der hinteren Kommissur die centrale Fortsetzung des hinteren Längsbündels. Mit diesem hat der dorsale Bezirk der hinteren Kommissur nichts gemeinschaftlich. Die Fasern des letzteren entwickeln sich sehr spät und stehen zum hinteren Längsbündel in keinen nachweisbaren Beziehungen. Über den eigentlichen Ursprung und das endliche Schicksal dieser Fasern bieten die vorhandenen Untersuchungen leider keine genaueren Hinweise. So viel steht fest, dass sie über dem Aquaeductus Sylvii eine Kreuzung durchmachen und dann als schöngeformte Bogenfasern sich in die Tiefe des vorderen Vierhügels begeben, dessen mittleres und zum Teil tief liegendes Mark sie bilden; darauf gehen sie in die Formatio reticularis über.

Den oberen Ursprung der dorsalen Fasern der hinteren Kommissur verlegen einige Autoren noch jetzt in den hinteren Bereich der Thalami; neuere Untersuchungen jedoch weisen entschiedener auf einen kortikalen Ursprung dieser Fasern hin. Wir können annehmen, dass letztere durch die innere Kapsel und den Grosshirnschenkel zunächst zum mittleren Mark des vorderen Vierhügels gelangen und dann, nachdem sie sich über dem Aquaeductus Sylvii gekreuzt, in das tiefe Mark des anderseitigen vorderen Vierhügels eindringen.[1])

Es ist jetzt noch jener Fasern zu gedenken, welche sich in den mehr lateral gelegenen Gebieten der Formatio reticularis finden und die wir bei der Schilderung der letzteren bisher nicht berührt haben.

In dieser Partie der Formatio reticularis sind sehr zahlreiche Fasern enthalten, welche, wie wir uns durch Untersuchung des fötalen und kindlichen Gehirns überzeugen können, nicht vor der letzten Periode des intrauterinen, oder erst im Beginn des extrauterinen Lebens markhaltig werden. Ein Teil dieser Fasern präsentiert sich im erwachsenen Gehirn als grobkaliberig, ein anderer Teil gehört zu den feinen Fasern. Die gröberen entspringen aus den unteren Oliven und bilden schon im oberen Bereich der letzeren ein beträchtliches solides Faserbündel, welches in dem Raum zwischen unteren Oliven und äusserer Oberfläche des verlängerten Markes verläuft.

Diese von mir zuerst beschriebene centrale Haubenbahn (Taf. Fig. II, III, IV, V, VI, 35) zieht sich längs des ganzen Hirn-

---

[1]) Nach experimenteller Zerstörung der vor den Vierhügeln gelegenen Gehirnbezirke bei einer Katze konnte Spitzka (Neurolog. Centr. pag. 24, 1885) eine bis zur Oblongata verfolgbare Atrophie des ventralwärts vom hinteren Längsbündel liegenden Gebietes nachweisen. Da das atrophierte Gebiet in diesem Fall der Lage der hinteren Kommissur entsprach, so neigt sich Spitzka der Ansicht Meynerts zu, derzufolge die hintere Kommissur eine Verbindung der Thalami mit der anderseitigen Haube herstellt. Jedoch ist zu bemerken, dass in dem erwähnten Fall die Atrophie der hinteren Kommissur auch dadurch bedingt sein konnte, dass die Fasern der letzteren auf ihrem Wege durch den hinteren Bereich der Sehhügel zur Hirnrinde lädirt waren.

stammes hin. In der Gegend des unteren Abschnitts der Brücke liegt es unmittelbar hinter dem Corpus trapezoides in dem Raum zwischen oberen Oliven und Schleifenschicht; weiter aufwärts, in der Gegend der mittleren und oberen Brückenpartien, besitzt es innerhalb der Fasern der Haube eine nahezu centrale Lage; daher der Name centrale Haubenbahn. Weiterhin durchsetzt dieses Bündel die unter dem hinteren Vierhügel sich kreuzenden Fasern des Pedunculus cerebelli anterior und lagert sich dann in der Gegend des vorderen Vierhügels lateral-ventralwärts vom hinteren Längsbündel; noch weiter aufwärts findet es sich medialwärts vom roten Kern und verschwindet endlich in den Nachbargebieten des III. Ventrikels.[1])

Was die feineren Fasern der lateralen Region der Formatio reticularis anlangt, so entwickeln sich diese grösstenteils etwas früher als die Fasern der centralen Haubenbahn und bilden nicht, wie das letztere, kompakte Bündel, sondern finden sich mehr oder minder gleichmässig zerstreut in der grauen Substanz des lateralen Feldes der Formatio reticularis (Taf. Fig. II, 17). Im oberen Bereich der Medulla oblongata verlaufen diese Fasern in der Nachbarschaft der aufsteigenden Quintuswurzel und der Seitenstrangkerne, im unteren Teil der Brücke aber lateralwärts und nach hinten von den oberen Oliven in der Nähe des Facialiskerns (Taf. Fig. III, 17). Immerwährend im lateralen Felde der Formatio reticularis hinziehend, gelangen sie in der Gegend des vorderen Vierhügels dorsalwärts und dorso-lateralwärts vom roten Kern in die nächste Umgebung des von mir (s. oben) beschriebenen Nucleus innominatus, mit welchem sie offenbar in Verbindung treten.

---

[1]) Nach Flechsig verbirgt sich das obere Ende der centralen Haubenbahn im Globus pallidus des Linsenkerns.

In Fällen beträchtlicher Zerstörung der Hemisphären bei Idioten fand sich Atrophie der centralen Haubenbahn, zuweilen verbunden mit Atrophie der entsprechenden unteren Olive (Jelgersma. Schmidts Jahrb. Bd. CCXIX). Ich hatte noch unlängst Gelegenheit, einen ähnlichen Fall zu beobachten. In einem anderen, von mir beobachteten Fall entwickelte sich infolge einer Sklerose im Verlauf der centralen Haubenbahn sekundäre Degeneration des gesamten absteigenden Teils der letzteren.

Cerebralwärts ist die weitere Bahn dieser Fasern mit Sicherheit bisher nicht verfolgt worden; jedoch unterliegt es keinem Zweifel, dass sie noch über den vorderen Vierhügel hinaus in centraler Richtung sich fortsetzen.

Auch der Ursprung der betrachteten Fasern in der Medulla oblongata ist ausserordentlich schwer zu verfolgen. Übrigens kann man mit grosser Wahrscheinlichkeit behaupten, dass die Fasern des erwähnten Gebiets der Formatio reticularis, wenigstens zum Teil, aus den Seitenstrangkernen entstehen; sie würden vielleicht demgemäss die centrale Fortsetzung des inneren (medialen) und des vorderen-lateralen Rückenmarkbündels vorstellen.

Es sei hier bemerkt, dass sowohl der vordere, als auch der hintere Seitenstrangkern auch zum Kleinhirn Faserzüge entsenden. Letztere steigen entlang der lateralen Fläche der Medulla oblongata aufwärts und treten in Gesellschaft des direkten Kleinhirnbündels in das Corpus restiforme ein, bei dessen Schilderung wir ihnen wieder begegnen werden.

Wir müssen hier noch jenes mächtige Fasersystem, welches in den Brückenkernen entspringt, wenigstens mit einigen Worten erwähnen.

Die grauen Kerne der Brücke stehen, wie wir sahen, durch Fasern, welche in der Raphe emporsteigen, in Zusammenhang mit dem Nucleus reticularis tegmenti und mit den Elementen der Formatio reticularis. Ferner sind sie auch mit dem Kleinhirn vermittelst zahlreicher Fasern verbunden, welche die Brücke in transversaler Richtung durchsetzen und in die Brückenschenkel übergehen. Bei der Betrachtung der Faserung des Kleinhirns und seiner Schenkel kommen wir auf diese letzteren noch zurück.

Aber auch zum Grosshirn hin entsendet das Grau der Brücke zahlreiche Faserzüge. Diese entspringen vorzugsweise aus den grauen Massen der vorderen Brückenregionen und durchziehen die Basis des Pedunculus cerebri in Form zweier Fasersysteme, von welchen das eine den medialen, das andere den am meisten lateral gelege-

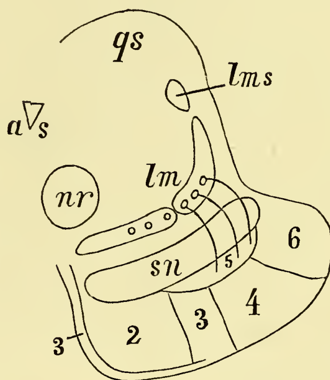
nen Abschnitt des Hirnschenkelfusses einnimmt (Taf. Fig. V, VI, 50, 51).

Noch weiter aufwärts gehen beide Systeme in das Gebiet der inneren Kapsel und in den Stabkranz der Hemisphären, zum Teil auch in den Linsenkern über (s. das Genauere unten).

Denken wir uns nun den Hirnschenkelfuss in der Gegend des vorderen Vierhügels durchschnitten, so kann die Schnittfläche, nach Massgabe der getroffenen Fasern, in vier nicht ganz gleich grosse Abschnitte eingeteilt werden.

Das laterale und das mediale Viertel sind von Brückenfasern eingenommen, welche zu den Grosshirnhemisphären verlaufen; das zweite Viertel (von aussen gerechnet) vom Pyramidenbündel. In dem Raum zwischen letzterem und dem medialen Viertel des Hirnschenkelfusses finden sich Fasern motorischer Hirnnerven (facialis, hypoglossus etc.), welche in tieferliegenden Gebieten das accessorische Bündel der Schleifenschicht bilden (s. unten).

Schema 12



Schema des Hirnschenkelfusses.

qs — vorderer Vierhügel; *as* — Sylvische Wasserleitung; *nr* — roter Kern; *sn* — substantia nigra; *lm* — Schleife; ihr medialer Abschnitt besteht hauptsächlich aus Fasern, welche aus den Kernen der Keilstränge, ihr lateraler Abschnitt hauptsächlich aus solchen, welche aus den Kernen der zarten Stränge hervorgehen; *lms* — obere Schleife, aus dem Kern des hinteren Vierhügels entspringend; 6 — Fasern des lateralen Brückensystems; *4* — Fasern des Pyramidenstrangs; *3* — Fasern motorischer Hirnnerven, welche unten das mediale accessorische Bündel der Schleifenschicht bilden; *2* — Fasern des medialen Brückensystems; *5* — Fasern sensibler Gehirnnerven, welche die in der Schleifenschicht zerstreuten, aus feineren Fasern bestehenden Bündel bilden.

In höher liegenden Ebenen finden wir im Hirnschenkelfuss noch zwei besondere Faserbündel: das eine zieht aus der substantia nigra centralwärts; das andere ist die centrale Fortsetzung zerstreuter

feinkaliberiger innerhalb der Schleifenschicht eingelagerter Fasern, von welchen später genauer die Rede sein wird.

Jenes liegt im medialen Abschnitt des Hirnschenkelfusses zunächst der Substantia nigra, dieses dorsalwärts und dorsolateralwärts von den Pyramidenbündeln.

Es muss hier bemerkt werden, dass die Substantia nigra mit den tiefer unten liegenden Gebilden durch Fasern verbunden ist, welche von ihr zur Haube ziehen. Die weiteren Bahnen dieser Fasern sind uns sicher nicht bekannt.

Wir schliessen damit die Schilderung der centralen, innerhalb des Hirnstammes verlaufenden Fortsetzungen verschiedener Leitungsbahnen des Rückenmarkes, und wenden uns nunmehr zu einer Betrachtung der Faserbündel, welche als centrale Fortsetzung von Gehirnnerven auftreten.

Untersuchen wir Schnitte aus verschiedenen Ebenen der Oblongata und des Pons Varolii, so treten uns hier zahlreiche bogenförmige Fasern entgegen, welche quer durch die Formatio reticularis verlaufen, um sich in der Raphe zu treffen.

Ein Teil der Bogenfasern der Formatio reticularis entsteht aus den Kernen der Hinterstränge und erzeugt die uns bekannte hintere Kreuzung.

Ein zweiter, zum Corpus restiforme aufsteigender Teil gehört den unteren Oliven an und ist später noch gesondert zu besprechen. Die Mehrzahl der übrigen Bogenfasern der Formatio reticularis entspringt teils aus gekreuzten Fasern der letzteren selbst, teils aus den Kernen von Gehirnnerven.

Es ist hier darauf hinzuweisen, dass fast alle Kerne der Gehirnnerven zur Raphe Faserzüge schicken. Ein Teil dieser Fasern begiebt sich zweifellos zu den Wurzeln der anderseitigen Hirnnerven, sofern natürlich eine Kreuzung der letzteren überhaupt stattfindet. Abgesehen davon finden sich sehr zahlreiche, zur Raphe ziehende Fasern, welche aus Kernen von Gehirnnerven entspringen und in keinen direkten Beziehungen zu den Wurzeln der letzteren stehen.

Welches sind die weiteren Bahnen dieser Fasern? und welche Bedeutung kommt ihnen zu?

Wie man durch Untersuchung des erwachsenen und kindlichen Gehirns sich überzeugen kann, kreuzen sich die erwähnten Fasern mit solchen der anderen Seite in der Raphe und verlaufen dann innerhalb der letzteren eine Strecke weit ventralwärts; in der Ebene der Olivenzwischenschicht und der Schleifenschicht treten sie auf beiden Seiten wiederum aus der Raphe heraus. Untersuchen wir das kindliche Gehirn sehr früher Perioden, so erkennen wir, dass diejenigen Fasern, welche aus sensiblen Kernen der Oblongata (glossopharyngeus, vagus etc.) hervorgehen, erst einige Wochen nach der Geburt markhaltig werden; zu einer Zeit, wo innerhalb der Schleifenschicht feinkaliberige, fast in der ganzen Ausdehnung der Hauptschleife zerstreute Faserbündel sich entwickeln. Die aus den motorischen Kernen zur Raphe hinziehenden Fasern entwickeln sich offenbar noch später.

Central path of sensory cranial nerves -

Wir sind demnach zu der Annahme berechtigt, dass die genannten, in der Schleifenschicht zerstreuten Bündelchen feiner Fasern (*lmsn*, Schema 10) aus Kernen sensibler Hirnnerven (glossopharyngeus, vagus etc.) entspringen und daher als centrale Fortsetzungen sensibler Hirnnerven des verlängerten Markes aufzufassen sind (Taf. Fig. IV, V, VI, 10′).[1])

Andererseits ist das accessorische Schleifenbündel, welches in der Ebene der oberen Brückengegend von der medialen Seite her zur Schleifenschicht sich gesellt und sich später entwickelt, als alle übrigen Fasern der letzteren (Schema 10, *lmp*; Taf. Fig. IV, V,

---

[1]) Dass Lage und centraler Verlauf der sensiblen Nerven bei Tieren ein anderes Verhalten darbieten kann, ist selbstverständlich. So gewann Edinger (Anat. Anzeiger. II. 1887. S. 27) durch entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen an niederen Wirbeltieren die Ueberzeugung, dass die centralen Bahnen der sensiblen Nerven (trigeminus, glossopharyngeus, vagus) sich in der Raphe kreuzen und das Mittelhirn und Zwischenhirn ungefähr in der Gegend des hinteren Längsbündels erreichen.

VI, 26), offenbar als centrale Bahn motorischer Hirnnerven (facialis, hypoglossus etc.) anzusprechen. Dafür zeugen einmal die absteigenden Degenerationen dieses Bündels bei Hirnläsionen mit Beteiligung des Facialis und Hypoglossus; dann aber die besondere Ausbilduug desselben bei solchen Seetieren, denen die Pyramidenstränge gänzlich fehlen.[1)]

Wir müssen daher vor allem dem genaueren Verlauf der erwähnten Bündel der Schleife nachgehen.

Was die zerstreuten, innerhalb der Schleifenschicht liegenden Bündelchen feiner Fasern betrifft, so treten sie zuerst in den oberen Regionen der Oblongata auf; und zwar liegen sie hier innerhalb des Teiles der Olivenzwischenschicht, welcher zur Bildung der Hauptschleife dient. Aufwärts nimmt die Zahl dieser Bündelchen zu, besonders in der Ebene der mittleren Brückenregion. Sie verlaufen bis zur Höhe der Grosshirnschenkel innerhalb der Hauptschleife, treten dann, wie ich fand, durch den unteren Abschnitt des lateralen Teils der Substantia nigra aus der Hauptschleife hervor und lagern sich im Hirnschenkelfuss dorsalwärts vom Pyramidenbündel.

Noch weiter aufwärts rücken die betrachteten Fasern mehr und mehr nach den Seiten hinaus; mit dem Pyramidenbündel vereint betreten sie den hinteren Schenkel der inneren Kapsel und begeben sich darauf zum parietalen Gebiet des Grosshirns.

Das accessorische mediale Bündel der Schleifenschicht liegt, wie bereits oben erwähnt wurde, an der medialen Seite der Schleifenschicht. In der Ebene des unteren Abschnittes der Pedunculi cerebri biegt dieses Bündel um den medialen Teil des Hirnschenkelfusses und lagert sich im dritten Viertel der letzteren (von aussen nach innen gezählt), medianwärts vom Pyramidenbündel. Höher oben begiebt es sich zur hinteren Abteilung der inneren Kapsel, wo es hinter dem Knie der letzteren und nach vorn vom Pyramidenbündel liegt.

---

1) Spitzka, New-York med. Journ. Oct. 1888.

Aus der inneren Kapsel steigt das accessorische Bündel, wie aus einer Reihe pathologischer Beobachtungen hervorgeht, zur unteren Abteilung der Centralwindungen und zum hinteren Teil der Stirnwindungen empor.

Es sei hier bemerkt, dass die den Akustikuskernen angehörenden centralen Bahnen nicht innerhalb der Hauptschleife in Gesellschaft der Bahnen der übrigen sensiblen Nerven verlaufen; vielmehr erheben sie sich in einem besonderen Bündel, welches eine Strecke weit lateralwärts von der Hauptschleife sich hinzieht und daher laterale Schleife genannt wird (Schema 7; Taf. Fig. III, IV, V, VI. 19).

The central auditory tract.

Aus dem vorderen Kern des Akustikus und dem Tuberculum acusticum, den wichtigsten Endigungspunkten der hinteren Akustikuswurzel, treten Fasern eigentlich nach zweierlei Richtungen aus (Schema 7). Die einen biegen um das Corpus restiforme, wenden sich darauf medial-ventralwärts und überschreiten über dem Corpus trapezoides die Raphe. Weiterhin lagern sie sich dorsalwärts von der anderseitigen oberen Olive, in welcher sie zum Teil unterbrochen werden, und begeben sich dann innerhalb der entgegengesetzten lateralen Schleife zum hinteren Vierhügel.[1] Die anderen vom vorderen Akustikuskern ausgehenden Fasern kreuzen unter rechtem Winkel die vordere Wurzel des Akustikus und gelangen teils zur gleichseitigen oberen Olive, teils aber umgehen sie die letztere ventralwärts und bilden so den Hauptbestandteil des Corpus trapezoides. Darauf kreuzen sie sich in der Medianlinie mit solchen der anderen Seite und verlaufen dann durch Vermittelung der oberen Olive oder direkt, analog den

[1]) Eine beträchtliche Anzahl dieser um das Corpus restiforme umbiegenden Fasern gelangt augenscheinlich auch zur gleichseitigen Olive. Monakow und Andere bezeichnen sie mit Unrecht als striae acusticae. Thatsächlich haben diese bei Tieren deutlich ausgeprägten, beim Menschen aber nur angedeuteten Fasern nichts zu thun mit den wahren striae acusticae s. medullares des Menschen, von welchen oben bei der Schilderung der Wurzeln des Akustikus die Rede war.



vorhin besprochenen Fasern, in der lateralen Schleife zum hinteren Vierhügel.[1])

Neuere Untersuchungen von Held haben unter anderem gezeigt, dass die Zellen des vorderen Akustikuskernes ihre Achsencylinderfortsätze in das Corpus trapezoides hinein entsenden.

Nachdem sie so zu Fasern des Corpus trapezoides geworden, treten diese Fortsätze teils an die beiderseitigen oberen Oliven mit ihren Endverästelungen, teils aber senden sie zur oberen Olive nur Kollateralen und gehen selbst kontinuierlich in die anderseitige Schleife über. Hier geben die Fasern des vorderen Akustikuskerns centralwärts ebenfalls Kollateralen ab, gelangen aber mit ihren Endramifikationen zum Kern des hinteren Vierhügels.

Demnach muss die laterale Schleife als die wichtigste centrale Bahn für die Gehörsempfindungen angesehen werden. Den Kern des hinteren Vierhügels, in welchem die hintere Schleife unterbrochen wird, müssen wir als eine der Stationen ansprechen, welche die Gehörserregungen auf ihrem Wege zum Centrum passieren müssen.[2])

---

[1]) Auf Grund seiner an Meerschweinchen nach der Methode von Marchi ausgeführten Untersuchungen weist neuerdings S. Kirilzew (Med. Rundschau 17. 1892. [Russisch.]) darauf hin, dass die erwähnten, in der oberen Olive unterbrochenen Akustikusfasern Wurzelfasern sind, dass sie mit anderen Worten in den Zellen der Akustikuskerne keine Unterbrechung erfahren. Wie weit das Vorkommen einer unmittelbaren Beziehung des Akustikus zu den oberen Oliven auch für den Menschen in Betracht kommt, werden natürlich weitere Untersuchungen entscheiden müssen. Jedenfalls sind im menschlichen Gehirn Fasern, welche aus dem vorderen Akustikuskern zur entsprechenden oberen Olive und zum Corpus trapezoides hinziehen, sicher vorhanden und ad oculos zu demonstrieren.

[2]) Monakow (Bericht über die 62. Vers. deutscher Naturf. und Ärzte zu Heidelberg) durchschnitt die untere Schleife; es entwickelte sich eine Atrophie der letzteren, welche auf die dorsale Marksubstanz der oberen Olive und von hier durch die Fibrae arciformes der Formatio reticularis auf die anderseitigen striae (s. Anmerkung auf der vorigen Seite) und das Tuberculum acusticum sich erstreckte. Gleichzeitig fand sich auch die obere Olive auf der Seite der Läsion atrophisch. Aufwärts aber war Atrophie des Kerns der lateralen Schleife, des Kerns des entsprechenden hinteren Vierhügels und des zugehörigen Brachium, und ausserdem Atrophie der ventralen Haubenkreuzung nachweisbar. Das Corpus trapezoides war ebenfalls atrophisch, aber nur in geringem Grade.

Was den weiteren Verlauf der centralen Bahn des Akustikus resp. seines Ramus cochlearis betrifft, so muss sie, wie u. a. neuere, nach der Methode der Atrophie und der sekundären Degenerationen ausgeführte Untersuchungen gezeigt haben, durch das hintere Brachium hindurchgehen. Darauf verläuft sie, nach vorheriger Unterbrechung im medialen Kniehöcker, zum Teil vielleicht auch direkt zu den temporalen Regionen des Gehirns.[1])

Die laterale Schleife enthält in ihrem Verlauf eine kleine graue (The lateral fillet) Formation, den sog. Kern der lateralen Schleife (Taf. Fig. VI. *nl*), welcher ganz unzweifelhaft in innigster Beziehung zu den Schleifenfasern steht. Von dem oberen Teil dieses Kerns geht, wie ich an meinen Präparaten feststellte, medianwärts ein Bündelchen feiner Fasern ab, welches beim Menschen nur wenig, bei einigen Tieren (Hund, Katze) aber sehr gut ausgeprägt ist. Dasselbe schlägt darauf eine dorso-mediale Verlaufsrichtung ein, erreicht die laterale Fläche der grauen Substanz des Aquaeductus Sylvii, wendet sich dann entlang dieser Fläche in der Richtung zur Raphe und verschwindet bald aus dem Gesichtsfeld.

Ferner entspringt aus dem Kern des hinteren Vierhügels ein Faserbündel, welches unter dem vorderen Vierhügel hindurch verläuft und dorsalwärts vom sichelförmigen Schleifenbündel gelegen ist. Dieses als obere Schleife [Forel] bekannte Bündel (Taf. Fig. V, VI. 28.) verbirgt sich darauf im hinteren Teil des Thalamus opticus.[2])

Die genannten beiden Bündel dienen, analog den Fasern, welche aus dem vorderen Kern des Akustikus zu den oberen Oliven und

---

Die laterale Schleife enthält nach Monakow: 1. Striafasern (hinteres Feld). 2. Fasern aus der oberen Olive (hinteres Feld). 3. Fasern aus dem lateralen Schleifenkern (centrales Feld). 4. Fasern aus der ventralen Haubenkreuzung (mediales Feld). 5. Kurze Fasern (ventro-laterales Feld).

[1]) Diese Anschauung über den Verlauf der centralen Akustikusbahnen wird auch durch vergleichend-anatomische Untersuchungen (Spitzka) gestützt.

[2]) Von der Verbindung des hinteren Vierhügels mit dem Nucleus reticularis tegmenti und mit der grauen Substanz der Brücke ist bereits oben die Rede gewesen.

von den letzteren zum Abducens ziehen, höchst wahrscheinlich zur Übertragung von Reflexen.

Am Gehirn Neugeborener kann man sich endlich ohne weiteres überzeugen, dass ein Teil der Fasern, welche aus dem Kern des hinteren Vierhügels zum hinteren Brachium verlaufen, über dem Aquaeductus Sylvii eine Kreuzung durchmacht. Das hintere Brachium besteht demgemäss aus Fasern, welche in dem gleichseitigen, und aus solchen, welche in dem anderseitigen Kern des hinteren Vierhügels entspringen.

Ob beide Fasersysteme des hinteren Brachium, d. h. die gekreuzten und die ungekreuzten Fasern zur Fortleitung von Gehörserregungen dienen, oder ob eines dieser Systeme eine andere Bestimmung hat, ist freilich nicht zu entscheiden.

Auch die Annahme, dass die erwähnte Verbindung des Akustikus durch die laterale Schleife, den hinteren Vierhügel und den medialen Kniehöcker mit der Rinde des Temporallappens die centrale Bahn der Gehörerregungen vorstellt, bedarf, trotz ihrer hohen Wahrscheinlichkeit, dringend einer Bestätigung durch das physiologische Experiment.

Bei der Besprechung der centralen Bahnen des Ramus cochlearis acustici können wir nicht umhin, der sog. Striae medullares zu gedenken, welche scheinbar eine Fortsetzung der hinteren Wurzel des Akustikus darstellen (Schema 7, *stra*).

The striae medullares.

Wir hatten schon bei einer früheren Gelegenheit gesehen, dass die Striae medullares (d. h. die wahren Striae, und nicht jene Bündel, welche unter diesem Namen von Monakow bei Tieren beschrieben wurden)[1] nicht aus dem Akustikus hervorgehen, sondern offenbar zum Kleinhirn Beziehungen haben. Sie treten aus dem Gehirn in nächster Umgebung des Tuberculum acusticum hervor, ziehen von aussen und hinten her um das Corpus restiforme und dann quer durch das verlängerte Mark zur Raphe, in deren Tiefe sie die

[1]) S. Anmerkung zu S. 111.

Medianlinie überschreiten. Innerhalb der Raphe gelangen die Striae medullares bis zur Höhe der Pyramiden, in deren Kern sie zum Teil unterbrochen werden, und gehen von hier in die Fibrae arcuatae anteriores der entgegengesetzten Seite über; als solche sind sie bis zur Ebene der Wurzeln des anderseitigen Akustikus mit Leichtigkeit zu verfolgen. Hier gesellt sich die Fortsetzung der Striae medullares allem Anscheine nach zum Corpus restiforme und begiebt sich, mit letzterem vereint, zum Kleinhirn. Es ist demnach mehr als wahrscheinlich, dass die Striae medullares in Beziehungen zum Kleinhirn stehen; welcher Art diese Beziehungen sind, darüber fehlen uns freilich genauere Kenntnisse.

(Their irregularity)

Bemerkenswert ist, dass in der Ausbildung der Striae medullares bei einzelnen Menschen recht beträchtliche individuelle Abweichungen vorkommen. Zuweilen fehlen die Striae medullares sogar vollständig. Ferner ist auch der Verlauf derselben in der Rautengrube nicht immer der gleiche. In einigen Fällen verlaufen sie nicht transversal, sondern schräg und ziehen von der Raphe strahlenförmig nach aussen. In anderen Fällen senken sie sich nicht in die Raphe ein, sondern begeben sich unter dem Boden des IV. Ventrikels über die Raphe auf die andere Seite.

Diese Abweichungen erklären sich von dem oben über die Natur der Striae ins Auge gefassten Standpunkt aus ohne weiteres; ganz unvereinbar hingegen sind sie mit der Ansicht jener Autoren, welche die Striae medullares als centrale Fortsetzung des Akustikus anzusprechen geneigt sind.

The vestibular root -

Wir gehen jetzt zur Betrachtung des zweiten Astes des Akustikus, des Ramus vestibularis über. Vor allem ist hierbei im Auge zu behalten, dass aus dem Deitersschen Kern, welcher einen Teil der Fasern des Ramus vestibularis in sich aufnimmt, medianwärts, zur Raphe hin, Faserzüge abgehen. Das weitere Schicksal dieser Fasern ist zwar nicht bekannt, jedoch ist es denkbar, dass gerade sie die centrale Bahn der in den Deitersschen Kern sich einsenkenden Fasern des Ramus vestibularis vorstellen. Was die

anderen in den Nucleus vestibularis eintretenden Fasern des Ramus vestibularis betrifft, so kann man annehmen, dass die centrale Bahn derselben in den Fasern des medialen Abschnitts des hinteren und in denen des vorderen Kleinhirnschenkels zu suchen ist (s. unten).

Die centralen Bahnen des Optikus endlich gelangen nach ihrem Austritt aus dem vorderen Vierhügel und dem Corpus geniculatum laterale in den hinteren Abschnitt des hinteren Teils der Capsula interna; von hier begeben sie sich zu den Grosshirnhemisphären, bei deren Schilderung sie eingehendere Berücksichtigung finden.

Es erübrigt hier noch, diejenigen Fasern des Hirnstamms zu betrachten, welche die Kerne von Hirnnerven mit anderen grauen Bildungen des Stammteils, so wie mit einander zu verknüpfen bestimmt sind.

Other connections of cranial nerves

Von diesen Verknüpfungen sind hier folgende zu berücksichtigen:

Auf Serienschnitten des unteren Teils der Oblongata treten uns zahlreiche Fasern entgegen, welche hinter dem Centralkanal von einer Seite auf die andere hinüberziehen und sich wie Reste der hinteren grauen Kommissur des Rückenmarkes ausnehmen. Bei genauerem Studium gewinnt man leicht die Überzeugung, dass ein Teil dieser Fasern gleichsam eine Kommissur zwischen den Zellen bildet, welche an der vorderen inneren Grenze der Substantia gelatinosa, sowie innerhalb der letzteren sich finden und den wichtigsten Ausgangspunkt der aufsteigenden Trigeminuswurzel darstellen. Ob unter den genannten Fasern auch solche sich finden, welche die sensiblen Kerne des Glossopharyngeus mit einander verbinden, ist nicht bekannt; jedoch sei hier erwähnt, dass neuerdings von Koch zwischen beiden solitären Bündeln Associationsfasern beschrieben sind, welche höchstwahrscheinlich zur gegenseitigen Verknüpfung der beiden Glossopharyngeuskerne dienen.

Bezüglich der Akustikuskerne ist zu bemerken, dass zwischen den beiden vorderen Kernen des Ramus vestibularis offenbar Associationsfasern existieren, welche im Corpus trapezoides verlaufen

Andererseits gehen, wie wir sahen, von jedem vorderen Kern Fasern aus, welche zwar ebenfalls sich zum Corpus trapezoides gesellen, aber in der entsprechenden oberen Olive verschwinden.

Die Faserung des Corpus trapezoides erscheint demnach äusserst kompliziert; es enthält mindestens mehrere Faserarten. Die einen stammen, wie gesagt, aus dem vorderen Kern des Akustikus und begeben sich kontinuierlich oder durch das Bindeglied der oberen Olive zur lateralen Schleife der entgegengesetzten Seite.

Andere dienen zur Bildung einer Kommissur zwischen beiden vorderen Akustikuskernen. Noch andere gehen aus dem vorderen Akustikuskern kontinuierlich in die obere Olive der entsprechenden Seite über; letztere aber schickt ihrerseits zum Corpus trapezoides Fasern, welche in die anderseitige laterale Schleife sich fortsetzen. Ausserdem gesellt sich zum Corpus trapezoides aus dem Kleinhirn, durch den medialen Abschnitt des hinteren Kleinhirnschenkels, noch ein besonderes Bündel, welches zu den oberen Oliven sich begiebt. Dieses Bündel wird uns in nachstehendem noch beschäftigen.

Auch die von mir beschriebenen, am lateralen Winkel der Rautengrube gelegenen Kerne, welche die Endigungen des vestibularen Astes des Akustikus in sich aufnehmen, sind ebenfalls durch ein besonderes Bündel mit einander verknüpft, wie man sich durch Untersuchung des fötalen Hirnes überzeugen kann. Dieses Bündel bildet den ventralen Abschnitt des vorderen Kleinhirnschenkels; es beteiligt sich aber nicht an der Kreuzung des letzteren, vielmehr überschreitet es etwas hinter dieser Kreuzung in Form einer Kommissur die Raphe. Da dieses Bündel nach hinten hin nur bis zu den erwähnten Kernen zu verfolgen ist, so muss man schliessen, dass es eine Kommissur zwischen den letzteren bildet.

Was die motorischen Kerne betrifft, so kennen wir Associationsfasern, welche beide Kerne des Hypoglossus mit einander verbinden. Ausserdem sind unlängst von Koch Faserzüge beschrieben worden, welche in nächster Nachbarschaft des Hypoglossuskerns sich finden

und dazu dienen, die einzelnen Teile des letzteren der Länge nach mit einander zu verknüpfen.[1])

Superior olive + 6th nucleus

Von den zur Augenbewegung in Beziehung stehenden Kernen wissen wir zunächst, dass der Kern des Abducens durch zahlreiche Fasern mit der entsprechenden oberen Olive verbunden ist, eine Thatsache, auf welche ich bereits im Jahre 1885 hingewiesen habe.[2])

oculomotor + 6th nucleus

Abgesehen hiervon sind die Kerne aller, die Augenbewegungen beherrschender Nerven (Abducens, Trochlearis, Okulomotorius) unter einander durch Fasern verknüpft, welche innerhalb des hinteren Längsbündels verlaufen. Diese Fasern entwickeln sich etwas später, als die übrigen Fasern des hinteren Längsbündels, zeichnen sich den letzteren gegenüber durch ein feineres Kaliber aus, und liegen mehr in den lateralen Gebieten desselben.[3])

oculomotor + optic connexions

Wir haben hier noch der Verbindungen des vorderen Vierhügels zu gedenken, jener Formation, in welcher die Fasern des Nervus opticus endigen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass der vordere Vierhügel mit den Kernen der für die Augenbewegungen bestimmten Nerven verbunden ist.

Diese Verknüpfung geschieht durch Vermittelung von Faserzügen, welche aus der grauen Substanz des vorderen Vierhügels hervorgegangen, radienartig zum Grau des Aquaeductus Sylvii hin-

---

[1]) Forel (l. c.) stellt übrigens die Existenz dieser Fasern in Abrede. Er nimmt an, dass um den Kern biegende Wurzelfasern des Hypoglossus von Koch für Associations- oder Kommissurenfasern gehalten worden sind.

[2]) W. Bechterew: Über die Verbindung der oberen Oliven und ihre wahrscheinliche physiologische Bedeutung. „Arzt“ 1885 (russisch). Ref. in Neurol. Centralbl. 21. 1885.

[3]) Nach den Untersuchungen von Duval und Laborde besteht, wie wir oben erwähnten, eine gekreuzte Verbindung der Abducenskerne mit den Kernen des Okulomotorius. Die neueren Arbeiten von Nusbaum bestätigen zwar die Existenz von Fasern, welche vom Kern des Abducens und Trochlearis zum hinteren Längsbündel ziehen und die ich auch auf meinen Präparaten nachweisen kann; allein sie haben nichts ergeben, was in überzeugender Weise für eine gekreuzte Verbindung der erwähnten Kerne mit dem Okulomotoriuskern sprechen würde. (Wien. med. Jahrb. 1887.)

ziehen, und nachdem sie so zu Bestandteilen der tiefen Markschicht des vorderen Vierhügels geworden, die sog. fontänenförmige Kreuzung *Meynerts* (s. oben) bilden. Ein gewisser Teil dieses Fasersystems wendet sich, wie man an geeigneten Präparaten sehen kann, nach Erreichung der Mittellinie dorsalwärts und gelangt zu den Kernen des Okulomotorius und zum hinteren Längsbündel.

Die Beziehungen des genannten Fasersystems zum roten Kern und zur Formatio reticularis sind oben bereits geschildert worden, wir können dieselben hier füglich übergehen.

An dieser Stelle sei noch bemerkt, dass aus der Substantia nigra, insbesondere aus deren äusseren Bezirken, recht ansehnliche Faserzüge hervorgehen, welche durch das Gebiet der Schleife zum vorderen Vierhügel hinziehen. Übrigens ist über die genauere Endigung dieser Fasern unseres Erachtens gegenwärtig noch nichts sicher Feststehendes bekannt.

Connexion between Subs. nigra & nates.

Im Anschluss an die geschilderten, zur Verbindung von Gehirnnervenkernen mit anderen grauen Bildungen des Hirnstammes dienenden Fasern können wir nicht umhin, des *dorsalen Längsbündels* Erwähnung zu thun, welches in der grauen Substanz des Aquaeductus Sylvii und der Rautengrube sich hinzieht.

The dorsal longit'l bundle of Schutz.

Dieses aus feinen Fasern bestehende Bündel verläuft innerhalb der centralen grauen Substanz durch den gesammten Hirnstamm und steht nach *Schuetz* mit den Kernen sämmtlicher Gehirnnerven und vielen anderen grauen Bildungen in Verbindung. Seine oberen Verästelungen sind bis zur Gegend des Infundibulum zu verfolgen; sie erreichen hier die Kerne des Tuber cinereum, den Thalamus opticus, das Ganglion habenulae, das Ganglion basale opticum, das Corpus subthalamicum und die Linsenkernschlinge.

In der Gegend des Aquaeductus Sylvii findet sich das dorsale Längsbündel mehr oder minder zerstreut innerhalb der centralen grauen Substanz. Hierbei senkt sich ein Teil seiner Fasern in die hintere Kommissur ein, ein anderer durch das Dach des Aquäduktus in den vorderen und hinteren Vierhügel, ein dritter Teil endlich

begiebt sich durch das Velum medullare anterius offenbar auch zum Kleinhirn. Die Hauptmasse der Fasern aber zieht in der grauen Substanz des Aquäduktus in der Längsrichtung weiter und gelangt zu den grauen Massen der Rautengrube. Hier sind sie dicht bis zur Vagusgegend innerhalb der grauen Substanz zerstreut anzutreffen. Dann rücken die Fasern des Längsbündels dichter aneinander und bilden in der Nachbarschaft des Hypoglossus das Kochsche Markfeld. Nach Formirung des Centralkanals endlich lagern sie sich um letzteren in Form einer Schicht feiner Längsfasern.

Abgesehen von der Verbindung mit den Kernen sämmtlicher Gehirnnerven und den anderen erwähnten Formationen gehen Faserzüge des dorsalen Längsbündels auch in die Formatio reticularis und sogar in das Netz der Vorderhörner über.

IV. Kapitel.

Von der Faserung des Kleinhirns.

Das Kleinhirn findet sich bekanntlich über dem verlängerten Mark als ein besonderer Anhang des letzteren. Seine graue Substanz liegt teils oberflächlich in Form einer Rindenschicht, teils in der Tiefe in Gestalt besonderer Kerne, die man als centrale Kleinhirnkerne bezeichnet (Taf. Fig. III und VI). Von den letzteren nennen wir den gezahnten Kern (Corpus dentatum — *cd*), den Dachkern Stillings (*nt*), den Kugelkern (Nucl. globosus — *ng*) und den Pfropf (Embolus — *em*). Die gesamte übrige Masse des Kleinhirns ist von weisser Substanz ausgefüllt, welche sich in die drei grossen, aus dem Kleinhirn austretenden Schenkel — den hinteren, mittleren und vorderen Kleinhirnschenkel — fortsetzt.

Ehe wir zur Betrachtung der Kleinhirnfaserung übergehen, müssen wir, wenigstens in aller Kürze, die Frage über die Beziehungen des Kleinhirns zur motorischen Sphäre, in specie zur Funktion der Gleichgewichtserhaltung, berühren, wobei wir die Bedeutung des Kleinhirns für das psychische Leben ganz unerörtert lassen wollen.

Seit den berühmten Untersuchungen von Flourens war das Kleinhirn als ein Organ erkannt worden, welchem bei der Koordination der das Körpergleichgewicht beherrschenden Bewegungen eine wichtige Rolle zukommt. Die Thatsachen, welche zuerst von

Flourens durch Zerstörung des Kleinhirns am Tier festgestellt wurden, sind in ihren Grundzügen noch gegenwärtig massgebend. Die operierten Tiere sind unfähig geworden, ihr Körpergleichgewicht in normaler Weise zu erhalten, haben die Neigung, beständig zu fallen oder sich nach einer bestimmten Richtung zu drehen; gleichzeitig bestehen eigenartige Abweichungen der Augenachsen mit den Erscheinungen des Nystagmus.

Ganz analoge Störungen der Motilität sind auch beim Menschen in Fällen von Läsion des Kleinhirns beobachtet worden. Die durch das Tierexperiment gewonnenen Thatsachen lassen sich daher in durchaus exakter Weise auch auf den Menschen übertragen.

Flourens war wiederum der erste, der die Erscheinungen studierte, welche nach Durchschneidung der halbzirkelförmigen Kanäle des häutigen Labyrinths auftreten. Es ergab sich, dass die nach Durchschneidung der Bogengänge bei den Tieren auftretenden Motilitätsstörungen mit jenen motorischen Phänomenen übereinstimmten, welche man nach Entfernung verschiedener Kleinhirngebiete zu beobachten Gelegenheit hat.

Aus diesen Beobachtungen, welche durch die Mehrzahl der späteren Forscher und auch durch mich bestätigt wurden, konnte man den Schluss ziehen, dass das Gleichgewicht des Körpers nicht ausschliesslich von der Thätigkeit des Kleinhirns abhängig ist, zumal ausser diesem letzteren im Nervensystem noch ein zweites, demselben Zweck dienendes Organ existiert. Im Geiste der Physiologen erstand unwillkürlich der Gedanke, es müsse zwischen halbzirkelförmigen Kanälen und Kleinhirn eine innige funktionelle und anatomische Zusammengehörigkeit bestehen. Dieses veranlasste einige Physiologen, die Bogengänge als „peripheres Organ der Gleichgewichtserhaltung“ zu bezeichnen; dadurch waren bis zu einem gewissen Grade ihre Beziehungen zum Kleinhirn, als dem Centralorgan der Gleichgewichtsfunktionen, gekennzeichnet.

Allein eine genauere Erkenntnis der Gleichgewichtsfunktionen des Kleinhirns war einer späteren Zeit vorbehalten, einer Zeit, wo

noch andere Organe ermittelt wurden, welche in nicht geringerem Masse bei der Erhaltung des Körpergleichgewichts beteiligt sind, als die halbzirkelförmigen Gänge des Labyrinths.

Ich konnte nachweisen, dass bei Tieren Läsionen im Bereich des III. Ventrikels[1]), sowie im Gebiet der unteren Oliven ganz analoge Motilitätsstörungen im Gefolge haben, wie die erwähnten Läsionen der Bogengänge und des Kleinhirns; d. h. die operierten Tiere haben die Fähigkeit eingebüsst, ihr Körpergleichgewicht zu erhalten, es treten verschiedenartige Zwangsbewegungen, kombiniert mit dem Symptom des Nystagmus, in die Erscheinung. Weiterhin ist durch von mir ausgeführte Versuche dargethan worden, dass auch Zerstörung resp. Durchneidung der von den genannten Organen zum Kleinhirn ziehenden Bahnen (wie Läsion bestimmter Teile der Haube des Pedunculus cerebri und des hinteren Kleinhirnschenkels, sowie Durchschneidung des Akustikus), von ganz analogen Motilitätsstörungen begleitet wird.[2])

Endlich lehren klinische Beobachtungen, dass Läsionen des Rückenmarkes nicht selten mit hochgradigen Störungen des Körpergleichgewichts einhergehen. Auch bei Tieren lassen sich, wie ich feststellen konnte, durch Kontinuitätstrennung der Hinterstränge sehr auffallende Alterationen der Gleichgewichtsfunktionen hervorrufen. Andere Thatsachen sprechen dafür, dass ähnliche Erscheinungen sich auch dann geltend machen können, wenn nur sensible Nerven resp. ihre Endigungen in der Haut geschädigt sind. So verlieren Frösche, denen man die Haut der Fusssohle entfernt hat, bekanntlich die Fähigkeit, ihren Körper im Gleichgewicht zu erhalten. Auch nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln kann man sehr charakte-

---

[1]) Streng anatomisch lässt sich dieser „Bereich des III. Ventrikels“ nicht definieren, weil das physiologische Experiment uns keinen genaueren Aufschluss giebt, um welche grauen Nester im Speciellen es sich hier handelt.

[2]) Ähnliche Störungen der Motilität kann man auch bei Läsionen des mittleren Kleinhirnschenkels beobachten, im welchem, wie wir anzunehmen veranlasst sind, die centrifugalen Kleinhirnbahnen verlaufen.

ristische Störungen des Gleichgewichts nachweisen, — und nach künstlicher Hervorrufung einer Anästhesie der Fusssohlen des Menschen tritt nach den Versuchen von Vierordt ein sehr auffallendes Hin- und Herschwanken des Körpers auf.

Diese Thatsachen berechtigen uns zu dem Schluss, dass auch die bei Rückenmarkzerstörungen auftretenden Alterationen des Körpergleichgewichts auf Unterbrechung centripetaler Bahnen beruhen, welche die Impulse von der Hautoberfläche dem Centralorgan zuführen.

Wir ersehen aus vorstehender Darstellung, dass wir in den erwähnten Gebieten: den halbzirkelförmigen Kanälen des häutigen Labyrinths, den grauen Massen in der Gegend des III. Ventrikels (aus welchen, wie wir oben bei der Schilderung der centralen Haubenbahn sahen, ein starkes Faserbündel kontinuierlich zu den unteren Oliven sich begiebt), endlich in der Hautoberfläche des Körpers — Organe zu suchen haben, welche einmal zum Kleinhirn als Centralapparat in innigster funktioneller Beziehung stehen und andererseits insgesamt demselben gemeinschaftlichen Zweck — der Erhaltung des Körpergleichgewichts — dienen.

Schon die Mechanik des Körpergleichgewichts, soweit sie aus physiologischen Thatsachen sich herleitet, zwingt uns zu der Annahme, dass von den erwähnten Organsystemen ausgehende Bahnen dem Kleinhirn centripetale Impulse zuführen, welche hier reflektorisch auf centrifugale resp. motorische Fasern übertragen werden. Dass das Kleinhirn in der That über ein selbständiges System centrifugaler Bahnen verfügt, dafür haben wir handgreifliche Beweise. Denn Tiere (z. B. Vögel), bei welchen alle oberhalb des Kleinhirns liegenden Teile (mit alleiniger Ausnahme der in nächster Umgebung des III. Ventrikels befindlichen grauen Massen und deren Verbindungen mit dem Kleinhirn) ausgeschaltet werden, können ihr Körpergleichgewicht in ganz normaler Weise regieren. Dagegen haben schon minimalste Verletzungen des Kleinhirns den Erfolg, dass prägnante Störungen des Gleichgewichts sich geltend machen.

Es wäre jedoch durchaus unberechtigt, wollten wir die „Organe des Körpergleichgewichts“ ausschliesslich als Reflexcentren auffassen. Im Gegenteil, die klinische Analyse der Fälle von Läsion des Kleinhirns, der Bogengänge und der Region des III. Ventrikels ergiebt, dass neben dem gestörten Körpergleichgewicht bei den betreffenden Kranken sehr auffallende Störungen des subjektiven Wohlbefindens mit dem Symptom des Schwindelgefühls sich ausbilden. Ähnliche Erscheinungen lassen sich bekanntlich auch durch transversale Applikation des konstanten Stromes am Kopf in der Gegend des Kleinhirns hervorrufen.

Das Schwindelgefühl kann in diesen Fällen nicht etwa auf Motilitätsstörungen bezogen werden, welche im Gefolge der Alteration der erwähnten Organe sich ausbilden. Vielmehr spricht, wie ich in einer meiner Arbeiten dargelegt habe, das Vorkommen derselben unter diesen Umständen dafür, das die sog. „Organe des Gleichgewichts“, abgesehen von ihrer Reflexthätigkeit, bestimmt sind, gewisse Empfindungen zu percipieren, die uns über Lage und Bewegung unseres Körpers im Raum unterrichten. Diese im Verein mit dem Muskelsinn unseren Vorstellungen vom Raum[1]) zu Grunde liegenden Empfindungen müssen unzweifelhaft durch besondere centripetale Bahnen vom Kleinhirn auf das Organ des Bewusstseins, die Hemisphären des Grosshirns, übertragen werden.

Endlich lehrt die alltägliche Erfahrung, dass das Gleichgewicht des Körpers auch dem Einfluss des Willens nicht ganz entzogen ist. Im Gegenteil, bis zu einem gewissen Grade vermögen unsere Willensimpulse in den Reflexapparat der Gleichgewichtserhaltung einzugreifen und die Bedingungen seiner Thätigkeit nach bestimmten Richtungen zu modifizieren. Dieses zwingt uns zu dem Schluss dass die Grosshirnhemisphären auch durch centrifugale Bahnen mit dem Kleinhirn, dem Centralorgan des Körpergleichgewichts, verbunden sein müssen.

---

[1]) S. meine Abhandlung im „Journal f. klin. und forens. Psychiatrie.“ (Russisch.) 1884.

Die angeführten Erwägungen über die funktionellen Verhältnisse des Kleinhirns und der mit ihm verbundenen Organe sind für das Thema dieses Kapitels insofern von Wert, als zum vollen Verständnis der Verknüpfungen des Kleinhirns und deren Bedeutung die Bekanntschaft mit den Verrichtungen dieses Hirnteils unseres Erachtens conditio sine qua non ist. Mehr als irgendwo kommen der anatomischen Wissenschaft auf diesem Gebiet die Hilfsmittel der Physiologie zu Gute; denn nur mit Hilfe der Physiologie lassen sich die gegenseitigen Beziehungen der bei der Gleichgewichtserhaltung beteiligten Organe ermitteln.

Wir sahen eingangs dieses Abschnitts, dass die weissen Massen des Kleinhirns sich in die drei aus diesem austretenden Schenkel — den hinteren, mittleren und vorderen Kleinhirnschenkel — fortsetzen. Durch diese letzteren steht das Kleinhirn also in kontinuierlichem Zusammenhang einmal mit dem Rückenmark, und zweitens mit den Kernen des Hirnstamms. Dies ist gleichzeitig der Weg, auf welchem zahlreiche periphere Bahnen das Kleinhirn erreichen.

Mit dem Rückenmark, resp. mit der Körperoberfläche ist das Kleinhirn durch Fasern verbunden, welche Bestandteile des hinteren Kleinhirnschenkels bilden. In letzterem können wir zwei Hauptabschnitte unterscheiden: einen lateralen, den sog. Strickkörper (Corpus restiforme), und einen medialen Abschnitt. In jenem verlaufen alle Fasern, welche das Kleinhirn mit dem Rückenmark und den unteren Oliven verbinden, in diesem solche, welche den Zusammenhang des Kleinhirns mit dem Akustikus und den oberen Oliven gewährleisten. Wir wollen hier zunächst die laterale Abteilung des hinteren Kleinhirnschenkels betrachten (Schema 11).

Am ehesten von allen Fasern dieser Abteilung entwickeln sich die des sog. Kleinhirnseitenstrangbündels, welche längs der freien Fläche des verlängerten Markes kontinuierlich zum Strickkörper emporsteigen (Schema 11, 2; Taf. Fig. I, II, VI. 3).

Die Lageverhältnisse des Kleinhirnseitenstrangbündels haben wir bei der Schilderung der Rückenmarkfaserung bereits erörtert und

können in dieser Beziehung auf das betreffende Kapitel verweisen. Ebendaselbst hatten wir festgestellt, dass dieses Bündel aus dem Grau der Clarkeschen Säulen entspringt, und zwar mit der Hauptmasse seiner Fasern aus dem oberen Bereich der Lendenanschwellung und dem unteren Dorsalmark. Es verläuft weiterhin längs der lateralen Fläche des Rückenmarkes aufwärts, gelangt, wie gesagt, zur Medulla oblongata und geht dann in das Corpus restiforme über, mit welchem es sich zum Kleinhirn begiebt.

Will man sich über die cerebellare Endigung des Kleinhirnbündels ein Urteil verschaffen, so sind hierzu Früchte von ca. 25 bis 27 cm Länge, bei welchen alle Teile der Kleinhirnhemisphären noch markfrei sind, das geeignetste Untersuchungsobjekt. Die betreffenden Serienschnitte belehren uns ohne weiteres darüber, dass das Gros der Kleinhirn-Seitenstrangfasern medianwärts vom vorderen Teil des Corpus dentatum vorbeizieht und im vorderen Bereich der Rinde des Oberwurms der entsprechenden Seite endet. Zu dem gleichen Ergebnis gelangte Monakow auf Grundlage der Untersuchungen nach Atrophie-Methode: er fand, dass bei jungen Tieren nach einseitiger Kontinuitätstrennung des oberen Halsmarkes im Laufe der Zeit Atrophie der entsprechenden Hälfte des Oberwurms sich ausbildete.

Im lateralen Abschnitt des hinteren Kleinhirnschenkels sind ausser dem Kleinhirnseitenstrangbündel noch Fasern enthalten, welche aus dem vorderen und hinteren Seitenstrangkern, aus dem lateralen Kern des Keilstrangs, aus dem Kern des zarten Strangs und endlich aus den unteren Oliven dem Kleinhirn zufliessen.

Die aus dem vorderen und hinteren Seitenstrangkern hervorgehenden Fasern (Schema 11, 3, 4; Taf. Fig. II, III, VI, 34) verlaufen im entsprechenden Corpus restiforme vereint mit den Fasern des Kleinhirnbündels, von welchem sie sich durch feineres Kaliber und spätere Entwickelung unterscheiden. Auch innerhalb des Kleinhirns bleiben sie dem Kleinhirnbündel benachbart und be-

geben sich zum vorderen Bereich des Oberwurms, um hier zu endigen.[1])

Die aus dem lateralen Kern des Keilstrangs stammenden Fasern (Schema 11, 5; Taf. Fig. II, III, VI, 2‴) ziehen zunächst als fibrae externae posteriores zum entsprechenden Corpus restiforme und gesellen sich im Kleinhirn zu den Fasern der Seitenstrangkerne.[2]) Sie gelangen dann zum vorderen Abschnitt des Oberwurms, und entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen lehren, dass sie, ähnlich dem Kleinhirnseitenstrangbündel, hier ihre Endigung finden.

Mit den Kernen der zarten Stränge steht das Kleinhirn einmal in einem direkten, und zweitens auch in einem gekreuzten Zusammenhang. Die direkte Verbindung geschieht durch Fasern, welche analog den Fasern der Keilstränge in die Fibrae arcuatae posteriores übergehen (Schema 11, 7; Taf. Fig. II, 11′), die gekreuzte durch Faserzüge, welche nach dem Austritt aus ihrem Kern zunächst zu Bestandteilen der hinteren oder oberen Kreuzung werden und darauf durch die Olivenzwischenschicht zur anderseitigen Pyramide sich begeben. Weiterhin ziehen sie als fibrae arcuatae s. zonales anteriores längs der freien Fläche des verlängerten Markes zum Corpus restiforme und betreten dann das Kleinhirn (Schema 11, 6; Taf. Fig. II, VI, 11).[3])

Im Kleinhirn verlaufen diese Fasern, wie ich gefunden habe, als kompaktes Bündel lateralwärts vom vorderen Teil des Corpus dentatum, wenden sich hier im Bogen medianwärts und erreichen den lateralen Abschnitt des entsprechenden Oberwurms.

---

[1]) Auch durch die Methode der Atrophie lässt sich der Zusammenhang des Kleinhirns mit dem vorderen Seitenstrangkern nachweisen; denn nach Zerstörung einer Kleinhirnhälfte kann man bei jungen Tieren ausgeprägte Atrophie dieses Kerns beobachten.

[2]) Es ist zu bemerken, dass aus dem lateralen Kern des Keilstrangs auch innere Bogenfasern stammen; ob diese zur entgegengesetzten Kleinhirnhälfte ziehen oder eine andere Richtung einschlagen, ist nicht bekannt.

[3]) Diese Fasern erfahren auf ihrer Bahn höchstwahrscheinlich eine teilweise Unterbrechung im anderseitigen Nucleus arciformis.

Mit den unteren Oliven endlich besitzt das Kleinhirn eine gekreuzte Verbindung durch zahlreiche Fasern (1 und 8, Schema 11; 36, Taf. Fig. II, III, VI), welche von den Oliven medianwärts ziehen und nach Kreuzung in der Raphe als Fibrae arcuatae anteriores externae und internae zum entgegengesetzten Corpus restiforme sich begeben.

Zu Gunsten einer gekreuzten Beziehung der Oliven zum Kleinhirn sprechen auch Fälle alter Herderkrankungen in einer Kleinhirnhälfte, in welchen man Atrophie der entgegengesetzten Olive hat nachweisen können. Ferner ist bekannt, dass nach experimenteller Zerstörung einer Kleinhirnhemisphäre bei jungen Tieren im Laufe der Zeit sehr hochgradige Atrophie der anderseitigen Olive sich entwickelt.[1])

Über den Verlauf der aus den Oliven stammenden Fasern innerhalb des Corpus restiforme und des Kleinhirns kann man durch Untersuchung des Hirns der Neugeborenen, in welchem diese Fasern nur von einer ausserordentlich zarten Markhülle bekleidet sind, folgendes ermitteln. Anfänglich nehmen die Olivenfasern die medialen Bezirke des Corpus restiforme ein. Auf ihrem Weg zum Kleinhirn jedoch rücken sie stetig lateralwärts hinaus, und dieses hat zur Folge, dass sie schon im oberen Teil des Corpus restiforme die früh angelegten

---

[1]) In diesem Sinne können auch die Fälle von einseitiger Atrophie der Kleinhirnhemisphären beim Menschen verwertet werden. Unlängst konnte Cramer (Beiträge zur pathol. Anatomie und zur allg. Pathol. XI. 1. 1891) in einem Fall von Kleinhirnatrophie, abgesehen von Veränderungen des mittleren Kleinhirnschenkels und der Brücke (auf welche wir bei einer späteren Gelegenheit noch zurückkommen) folgenden Befund erheben: Das Corpus restiforme war fast überall gleichmässig atrophisch; die Hinterstrangkerne erwiesen sich auf beiden Seiten ergriffen; ferner fanden sich atrophisch: ein Teil der Seitenstränge, der Kern der letzteren, sowie die entgegengesetzte untere Olive. Die Schleife und die Kerne des Akustikus waren unverändert. Andererseits beobachtete Marchi (Rivista di freniatria. XVI. 3. 1891) nach experimentellen Zerstörungen des Kleinhirns, ausser Degeneration der Kleinhirnschenkel, Atrophie des gleichseitigen und anderseitigen hinteren Längsbündels, absteigende Degeneration der entsprechenden Schleife und der Peripherie der Vorder-Seitenstränge. Übrigens stehen diese Befunde in der Literatur ganz vereinzelt da.

Bündel des Strickkörpers allseitig umgeben und vollends vor ihrem Eintritt in das Kleinhirn an der äusseren Fläche des Corpus restiforme angetroffen werden. Im Kleinhirn selbst begeben sich die Olivenfasern, wie ich gefunden hahe, hauptsächlich zum Corpus dentatum, in welches sie vorzugsweise von der lateralen Seite her sich einsenken (36, Taf. Fig. III, VI). Übrigens ist es denkbar, dass ein Teil der aus den unteren Oliven stammenden Fasern lateralwärts am Corpus dentatum vorbeigeht und direkt zur Kleinhirnrinde gelangt.

Die unteren Oliven stehen, wie wir im vorigen Kapitel sahen, durch die centrale Haubenbahn in Verbindung mit den grauen, der Gegend des III. Ventrikels benachbarten Massen; es sind daher die Fasern, welche von den Oliven zum Kleinhirn ziehen, nur eine weitere Fortsetzung der centralen Haubenbahn.

Dass dem so ist, dafür spricht nicht allein der Umstand, dass wir keine anderweitigen Verbindungen der Oliven kennen, sondern in viel höherem Masse die Thatsache, dass die Faserzüge der centralen Haubenbahn und die Fasern, welche die unteren Oliven mit dem Kleinhirn verknüpfen, nahezu gleichzeitig, d. h. ungefähr zu Ende des intrauterinen Lebens der Frucht, ihre Markscheiden erhalten.

Wir haben unsere Aufmerksamkeit jetzt jenen Fasern zuzuwenden, welche Bestandteile des medialen Abschnittes des hinteren Kleinhirnschenkels bilden. Wie erwähnt, sind dies Faserzüge, welche das Kleinhirn mit dem Akustikus und den oberen Oliven verknüpfen.

Über den Zusammenhang des Kleinhirns mit dem Akustikus oder vielmehr mit dessen Ramus vestibularis und den halbzirkelförmigen Kanälen des Labyrinths steht in anatomischer Hinsicht folgendes fest:

Der Ramus vestibularis nervi acustici, welcher im Vorhof und in den halbzirkelförmigen Kanälen sich verästelt, repräsentiert einen durchaus selbständigen Ast, welcher neben dem anderen Bestandteil des Akustikus, dessen Ramus cochlearis, verläuft, und wie ich fand, dem letzteren in der Entwickelung etwas vorangeht. Central-

wärts setzt sich der Ramus vestibularis, wie ich zuerst nachgewiesen habe, in die s.g. vordere Wurzel des Akustikus fort, während die hintere Wurzel aus der Fortsetzung des Ramus cochlearis acustici hervorgeht. Demgemäss sind die Verästelungen der vorderen Wurzel im Gehirn nichts anderes, als die centralen Endigungen des Ramus vestibularis nervi acustici.

Wie wir bei einer früheren Gelegenheit festgestellt haben, wendet sich ein Teil der Fasern der vorderen Wurzel innerhalb des mit den Längsfaserzügen der Formatio reticularis verbundenen Deitersschen Kerns abwärts. Ein anderer Teil endigt in dem von mir beschriebenen, am lateralen Winkel der Rautengrube gelegenen Nucleus vestibularis.

Der letztgenannte Kern lässt seinerseits Faserzüge hervorgehen, welche im medialen Abschnitt des Corpus restiforme zum Kleinhirn emporsteigen (41. Taf. Fig. III und VI). Diese Faserzüge verlaufen unmittelbar lateralwärts von den Fasern des vorderen Kleinhirnschenkels, zum Teil aber zwischen den letzteren, und begeben sich dann zum Nucleus globosus und zum Dachkern der entsprechenden Kleinhirnseite.

Wie alle anderen centralen Kerne des Kleinhirns, so hängen auch die genannten Kerne mit der Kleinhirnrinde, speciell dem Bereich des entsprechenden Oberwurms, direkt zusammen (43, 44. Taf. Fig. III, VI). Daraus geht hervor, dass der Ramus vestibularis acustici durch Vermittelung des Nucleus vestibularis und der Zellen des Nucleus globosus und des Dachkerns mit der Kleinhirnrinde verknüpft ist. Übrigens geht ein Teil der vom Nucleus vestibularis entspringenden Fasern allem Anschein nach auch direkt zur Kleinhirnrinde.

Auch der Deiterssche Kern entsendet Faserzüge, welche durch den medialen Abschnitt des Kleinhirnschenkels zum Bereich des Oberwurms der entsprechenden Seite aufsteigen.

Die Fasern, welche Kleinhirn mit oberen Oliven verbinden (21, Taf. Fig. III, VI), können am leichtesten bei Früchten von

ca. 28 cm Länge zur Anschauung gebracht werden, da sie hier bereits eine recht ansehnliche Markscheide aufweisen.

Diese Faserzüge entspringen in den Dachkernen des Kleinhirns. Nach ihrem Austritt kreuzen sie sich über und zwischen den letzteren in der Medianlinie, biegen um die Aussenseite des vorderen Kleinhirnschenkels und steigen als völlig gesondertes Bündel im medialen Abschnitt des Pedunculus cerebelli posterior bis zur Höhe des Trigeminuskerns herab; teils direkt, teils indem sie diesen Kern von aussen umgehen, gelangen sie dann zur oberen Olive der entsprechenden Seite.[1])

Die Fasern des mittleren Kleinhirnschenkels beginnen in der Rinde und in den grauen Kernen des Kleinhirns und enden in den Zellen der Brücke und der Formatio reticularis. Durch Untersuchung des kindlichen, einige Wochen alten Gehirns habe ich feststellen können, dass man im mittleren Kleinhirnschenkel zwei getrennte Bündel zu unterscheiden hat: ein spinales und ein cerebrales

---

[1]) Nach Edinger (Bericht d. Vers. Süd-Westdeutsch. Neurol. und Irrenärzte in Baden. 1886. S. auch Neurol. Centralbl. 1885, pag. 73) repräsentiert der grösste Teil dessen, was wir als medialen Abschnitt des hinteren Kleinhirnschenkels bezeichnen, eine aus dem Kugelkern und Dachkern hervorgehende direkte sensorische Kleinhirnbahn. In derselben sollen Fasern aus dem Akustikus, Trigeminus, Vagus, Glossopharyngeus und Fasern aus den Hinterstrangkernen enthalten sein. Letztere sind nach Edinger identisch mit der aufsteigenden Wurzel des Akustikus, welche innerhalb des in die Bahn des direkten sensorischen Kleinhirnbündels eingeschalteten Deitersschen Kerns aufwärts zieht. Diese Ansicht ist jedoch nicht unanfechtbar. Das Studium des fötalen Gehirns ergiebt ohne weiteres, dass keiner der Gehirnnerven ununterbrochen zum Kleinhirn aufsteigt; von den Kernen der Gehirnnerven aber schickt nur der des Akustikus zum Kleinhirn Fasern. Dass dagegen auch andere Gehirnnerven, speciell der Trigeminuskern, Fasern zum Kleinhirn abgeben, ist wenigstens durch die entwickelungsgeschichtliche Untersuchung nicht nachweisbar, und sind auch durch andere Untersuchungsmethoden, soviel ich weiss, keine überzeugenden Beweise für das Vorhandensein solcher Fasern erbracht worden. Was endlich die Verbindung der Hinterstrangkerne mit dem Kleinhirn betrifft, so wird sie, wie es scheint, ausschliesslich durch Fasern des lateralen Abschnittes des hinteren Kleinhirnschenkels hergestellt. Die absteigende Akustikuswurzel besteht dagegen thatsächlich als solche, und dient nicht, wie Edinger annimmt, zur Verbindung der Hinterstrangkerne mit dem Kleinhirn; durch Untersuchung des fötalen Hirns aus früher Entwickelungsperiode kann man sich unschwer davon überzeugen.

Bündel. Jenes (38, Taf. Fig. III, IV, VI) ist in dem erwähnten Alter bereits markhaltig; dieses dagegen (40, Taf. Fig. IV, VI) besteht hier noch aus marklosen Fasern.

Die Fasern des spinalen Bündels entspringen in dem grössten Teil, vorzugsweise aber in den vorderen und mittleren Gebieten der Rinde, sowie in den centralen Kernen des Kleinhirns. Sie verlaufen innerhalb des mittleren Kleinhirnschenkels fast genau nach unten und gelangen zur unteren Brückenhälfte. Hier gehen die Fasern nach zwei Hauptrichtungen aus einander: Die einen begeben sich längs der Peripherie des Pons an dessen ventrale Seite, um hauptsächlich in den Zellen der gleichen Brückenhälfte zu endigen. Die anderen wenden sich nach ihrem Eintritt in die Brücke alsbald direkt medianwärts (zum Stratum complexum), überschreiten die Raphe und enden in den Zellen der entgegengesetzten Brückenhälfte (38, Taf. Fig. III, IV).

Das spinale Bündel hängt demnach mit der grauen Substanz der gleichen, sowie mit der der entgegengesetzten Brückenhälfte zusammen. Aus den Zellen der unteren Brückenhälfte gehen aber, wie wir sahen, weiterhin Fasern hervor, welche durch die Raphe zum Nucleus reticularis und zu den lateralen Teilen der Formatio reticularis ziehen. Daraus ist ersichtlich, dass durch das spinale Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels die Kleinhirnhemisphären in Verbindung gesetzt werden mit dem Nucleus reticularis und den Zellen der Formatio reticularis überhaupt, und durch letztere mit den Fasern des Grundbündels der Vorder- und Seitenstränge des Rückenmarkes.

Ausserdem sind im mittleren Kleinhirnschenkel Fasern enthalten, welche nach ihrem Eintritt in die Brücke sich direkt medianwärts (zum Stratum profundum) wenden, und ohne hier mit Zellen in Verbindung zu treten, zur Raphe gelangen, und in dieser unmittelbar zur Haubenregion aufsteigen. Hier hören sie teils im Nucleus reticularis, teils in den Zellen der entgegengesetzten Hälfte der Formatio reticularis auf.

Es ist oben darauf hingewiesen worden, dass die innerhalb der Pyramidenbündel zerstreuten, früh angelegten Faserbündel aller Wahrscheinlichkeit nach aus dem Kleinhirn in Gesellschaft des mittleren Kleinhirnschenkels hervorgehen. Nach der Zeitfolge der Entwickelung zu urteilen, gehören diese Fasern dem spinalen Bündel an; jedoch bedarf diese Annahme noch der weiteren Bestätigung.

Was das cerebrale Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels betrifft, so entstehen die Fasern desselben hauptsächlich in der Rinde des hinteren, teilweise auch in der des oberen und lateralen Bereiches der Hemisphären, sowie im Oberwurm und in den grauen Kernen des Kleinhirns. Sie nehmen dann innerhalb des mittleren Kleinhirnschenkels einen schräg nach vorn und unten gerichteten Verlauf an und begeben sich grösstenteils zur oberen Hälfte der Brücke. Hier überschreiten sie die Raphe und treten, auf der anderen Seite des Pons angelangt, mit zelligen Elementen in Verbindung, in welchen, wie wir sehen werden, auch ein Teil der von den Grosshirnhemisphären kommenden Fasern des Hirnschenkelfusses eine Unterbrechung erleidet (50, 51. Taf. Fig. V, VI).

Das cerebrale Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels erzeugt demnach durch Vermittelung der Zellen der oberen Brückenhälfte resp. der in diesen Zellen unterbrochenen Fasern der Basis pedunculi cerebri eine gekreuzte Verbindung zwischen Kleinhirn und Rinde des Grosshirns.

Die ältere Ansicht, derzufolge die Fasern des mittleren Kleinhirnschenkels unter anderem eine Kommissur zwischen beiden Kleinhirnhemisphären bilden, entbehrt, wie aus obigem hervorgeht, der nötigen Begründung. Es muss hier noch erwähnt werden, dass die Fasern des mittleren Kleinhirnschenkels in Fällen von Zerstörung des Kleinhirns stets absteigend degenerieren, wobei auf der entgegengesetzten Seite ein Teil der grauen Substanz des Pons, und

zwar hauptsächlich des oberen Bereiches des letzteren atrophiert (s. Vejas, Arch. f. Psych. Bd. XVI. 1885).[1]

Im vorderen Kleinhirnschenkel endlich kann man, wie ich durch entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen gefunden habe, ungezwungen vier getrennte Bündel unterscheiden. Eines von diesen entwickelt sich sehr frühzeitig, schon bei Früchten von ca. 28 cm Länge ist es markhaltig; es ist dasjenige, welches in der Ebene der mittleren Brückenregion am meisten ventralwärts liegt (46, Taf. Fig. IV, VI).

Von den drei übrigen Bündeln wird das dorsal gelegene erst bei Früchten von ca. 33 cm markhaltig angetroffen (45, Taf. Fig. III, IV, VI). Auf dieses folgt nach der Reihenfolge der Entwickelung ein Bündel, welches bei ca. 35—38 cm langen Früchten markhaltig wird; es findet sich zwischen dem ventralen und dorsalen Bündel (39, Taf. Fig. III, IV, VI). Das vierte Bündel endlich weist erst beim Neugeborenen eine beginnende Markscheidenbildung auf und liegt zum Teil zwischen den Fasern der übrigen Bündel, teils medianwärts von ihnen (42, Taf. Fig. III, IV, VI).[2]

Das ventrale Bündel hat eigentlich mit dem Kleinhirn nichts zu thun. Es ist mit jenem Faserbündel identisch, von welchem wir oben feststellten, dass es zwischen den von mir beschriebenen, am lateralen Winkel der Rautengrube gelegenen Kernen des Ramus vestibularis acustici eine Kommissur bildet. In der Richtung nach vorne verlaufen die Fasern desselben bis zum oberen Bereich der Brücke; hier verlassen sie den vorderen Kleinhirnschenkel, um unweit hinter der gemeinsamen Kreuzung des letzteren über die Mittellinie auf die andere Seite zu treten.

---

[1] Cramer (l. c.) beobachtete in dem bereits erwähnten Fall von unilateraler Kleinhirnatrophie ebenfalls Atrophie des entsprechenden mittleren Kleinhirnschenkels und der grauen Substanz der entgegengesetzten Brückenhälfte; gleichzeitig fand er auf der entgegengesetzten Seite ausgesprochene Atrophie des von mir beschriebenen Nucleus reticularis tegmenti.

[2] Dieses letztere Bündel unterscheidet sich von den übrigen Bestandteilen des vorderen Kleinhirnschenkels auch durch seinen Gehalt an feineren Fasern.

Das zweite oder dorsale Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels ist im Kleinhirn hauptsächlich mit dem Dachkern und mit der Rinde des entsprechenden Oberwurms verbunden. Nach vorne zu begeben sich seine Fasern zunächst zur gemeinsamen Kreuzung und darauf zum roten Kern, in dessen Zellen sie unterbrochen werden. Letzteres geht wenigstens aus dem Umstande hervor, dass bei Früchten von ca. 35 cm Länge, zu einer Zeit, wo das dorsale Bündel bereits markhaltig ist, unmittelbar vor dem roten Kern keinerlei markhaltige Fasern nachweisbar sind.

Das dritte Bündel verteilt sich im Kleinhirn, wie man an Serienschnitten aus dem Gehirn geeigneter Früchte nachweisen kann, im wesentlichen auf den Nucleus globosus und Nucleus emboliformis. Das vierte Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels endlich (42, Taf. Fig. III, IV, VI) entspringt allem Anscheine nach teils in der Rinde der Kleinhirnhemisphären, teils im Corpus dentatum.[1])

Nach vorn zu verlaufen die Fasern der beiden zuletzt genannten Bündel, unter teilweiser Beimischung von Fasern des dorsalen Bündels, durch die gemeinsame Kreuzung zum roten Kern, in dessen Zellen sie höchstwahrscheinlich eine Unterbrechung erleiden.

Die Frage, ob alle Fasern des vorderen Kleinhirnschenkels sich an der gemeinsamen Kreuzung beteiligen, wird gegenwärtig ganz allgemein im verneinenden Sinne beantwortet. Ausser dem erwähnten, die Kerne des ramus vestibularis verknüpfenden Faserbündel ist von der Kreuzung noch ein Bündelchen ausgeschlossen, welches direkt zum gleichseitigen Thalamus sich begiebt (Marchi).

Bezüglich der sekundären Degenerationen ist noch anzuführen, dass in Fällen von Hirnläsionen der vordere Kleinhirnschenkel vorzugsweise aufsteigend, d. h. in der Richtung vom Kleinhirn zum

---

[1]) S. den Fall von Mendel im Neurol. Centralblatt. 1885. Auch ich hatte in einem noch nicht veröffentlichten Fall Gelegenheit, absteigende Degeneration eines der Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels nachzuweisen.

Grosshirn, entartet. Jedoch ist in demselben auch ein Bündel enthalten, welches absteigend degeneriert.[1])

An die Schilderung der Faserung der Kleinhirnschenkel mögen sich hier noch folgende Bemerkungen anschliessen.

Recht grosser Verbreitung erfreut sich die Ansicht, dass alle drei Kleinhirnschenkel aus der gesamten grauen Masse des Kleinhirns entspringen. Marchi (Rivista di freniatria XVII. 3. 1891), welcher diese, ursprünglich von B. Stilling aufgestellte Behauptung neuerdings zu stützen sucht, giebt nur zu, dass der vordere Kleinhirnschenkel aus dem Corpus dentatum mehr Fasern bezieht, als aus der übrigen grauen Substanz. Dass diese Ansicht durchaus unhaltbar ist, darin werden mir zweifellos alle diejenigen beistimmen, welche gleich mir das Kleinhirn nach der, in dieser Beziehung fruchtbringendsten, entwickelungsgeschichtlichen Methode untersucht haben.

Ferner ist zu erwähnen, dass ähnlich den Grosshirnhemisphären auch das Kleinhirn über ein wohl ausgebildetes Associationsfasersystem verfügt. Diese Fasern sind bestimmt, einerseits benachbarte Zellen unter einander, und andererseits Zellen benachbarter Windungen und einzelner Läppchen und Teile des Kleinhirns zu verknüpfen (sg. guirlandenförmige Faserzüge Stillings).

Eine gesonderte Stellung unter diesen Fasern nimmt ein durch seine frühe Entwickelung ausgezeichnetes Faserbündel ein, welches als Stiel der Flocke (pedunculus flocculi) bekannt ist. Dieses tritt bei Früchten aus der letzten Periode des intrauterinen Lebens, wo es bereits markhaltig ist, mit auffallender Deutlichkeit inmitten der umgebenden, noch marklosen Teile hervor; an Präparaten aus dem Gehirn solcher Früchte kann man daher unschwer nachweisen, dass das erwähnte Bündel sich aus Fasern zusammensetzt, welche aus der hinteren und basalen Fläche der Flocke hervorgehen. Nach

Flocculus

[1]) In den gewöhnlicheren Fällen von Atrophie oder abgelaufenen Herderkrankungen des Kleinhirns findet sich in der Regel Atrophie des vorderen Kleinhirnschenkels und des anderseitigen roten Kerns, bisweilen auch Atrophie des Pulvinar thalami (s. Cramer l. c.).

ihrem Ursprung aus der Rinde der genannten Teile begeben sich die Faserzüge des Flockenstiels zunächst medianwärts und steigen dann längs dem medialen Rande der Kleinhirnhemisphäre auf der Decke des IV. Ventrikels zum Oberwurm empor. Auf dieser Bahn sind sie jedoch nur bis zur Gegend des Corpus dentatum leicht zu verfolgen.

Es erübrigt noch, mit kurzen Worten die Wechselbeziehungen der einzelnen nervösen Elemente des Kleinhirns zu schildern. Eine hervorragende Stellung unter den Zellen der Kleinhirnrinde nehmen ohne Frage die mächtigen, mit zahlreichen Fortsätzen versehenen Purkinjeschen Zellen ein; die cylindrischen Fortsätze der letzteren durchsetzen die sog. Körnerschicht und gehen dann in die markhaltigen Fasern des Kleinhirns kontinuierlich über. Ausserdem aber ist in letzter Zeit von Ramón y Cajal auf eine Reihe anderer, äusserst merkwürdiger Beziehungen der Purkinjeschen Zellen zu den Kleinhirnfasern hingewiesen worden.

Nach den Angaben des genannten Forschers erheben sich aus den tieferliegenden Schichten der Kleinhirnrinde Fasern, welche mit ihren feinsten Verästelungen sowohl die Körper, als auch die grossen Protoplasmafortsätze der Purkinjeschen Zellen nach Art eines Flechtwerkes umspinnen. Die Purkinjeschen Zellen aber stehen ihrerseits vermittelst sekundärer und tertiärer Ramifikationen ihrer Protoplasmafortsätze in Beziehungen zu anderen Fäserchen, welche aus den Zellen der darunterliegenden Körnerschicht stammen.

Wir ersehen daraus, dass eine und dieselbe Purkinjesche Zelle in Wechselbeziehungen treten kann mit einer ganzen Reihe anderer zelliger Elemente.

Die Axencylinderfortsätze der Nervenzellen sind, wie man anzunehmen berechtigt ist, dazu bestimmt, die von der Zelle ausgehenden centrifugalen Impulse aufzunehmen, während die pinselförmigen, die Zellen umspinnenden Fasergeflechte den Zweck haben, die Erregung centripetalleitender Fasern von den letzteren auf die Nervenzellen zu übertragen. Man muss daraus schliessen, dass jede Pur-

kinjesche Zelle sowohl mit centrifugalen als auch mit centripetalen Fasern in Beziehungen steht, und fernerhin durch die Fasern der Körnerschicht mit anderen Zellen der Kleinhirnrinde verbunden ist.

Wir wenden uns nunmehr zu der Frage der physiologischen Bedeutung der geschilderten Verbindungen des Kleinhirns. Zu allererst wollen wir jene Faserbündel ins Auge fassen, welche das Kleinhirn mit dem Ramus vestibularis acustici und (durch die unteren Oliven) mit den dem III. Ventrikel benachbarten Gebieten verbinden.

Wir haben die halbzirkelförmigen Kanäle des häutigen Labyrinths im Vorstehenden bereits als Organe kennen gelernt, welchen bei der Erhaltung des Körpergleichgewichts eine Rolle zuzuerkennen ist. Es sind daher die Fasern, welche die centrale Fortsetzung des Ramus vestibularis acustici innerhalb des hinteren Kleinhirnschenkels darstellen, augenscheinlich als Bahnen anzusprechen, durch welche centripetale Impulse von den Bogengängen des häutigen Labyrinths zum Kleinhirn gelangen.

Eine analoge Bedeutung mag auch den Faserzügen zukommen, welche von den unteren Oliven zum Kleinhirn aufsteigen; denn diese Fasern sind durch die centrale Haubenbahn aller Wahrscheinlichkeit nach mit jenen dem III. Ventrikel benachbarten grauen Nestern verknüpft, die bei der Wahrung des Gleichgewichts eine wichtige Rolle spielen.

Welches ist aber die Bedeutung derjenigen Bündel, welche das Kleinhirn mit dem Rückenmark resp. mit der Körperperipherie verknüpfen?

Von den zwei Bündeln, welche das Kleinhirn mit den Kernen der zarten Stränge und der Keilstränge verbinden, kann es keinem Zweifel unterliegen, dass sie, wie die beiden vorhin erwähnten Verbindungen, in Beziehung zum Kleinhirn als centripetale Bahnen aufzufassen sind. Dies erhellt zum mindesten aus dem Umstand, dass diese Bündel aus Kernen entspringen, in welchen centripetale Rückenmarkbahnen endigen.

Die Rolle einer centripetalleitenden Bahn ist man auch veranlasst, dem Kleinhirnseitenstrangbündel zuzuschreiben.

Die Frage, ob dieses Faserbündel eine centripetale oder eine centrifugale Leitungsbahn darstellt, kann bekanntlich auf Grundlage von Degenerationsversuchen allein nicht endgiltig entschieden werden. Dadurch, dass das Kleinhirnseitenstrangbündel bei Rückenmarkläsion allemal nur aufsteigend entartet, ist noch nicht unumstösslich bewiesen, dass es Impulse in centripetaler Richtung fortleitet.

Weit grössere Beachtung verdient in dieser Beziehung die Thatsache, dass die Fasern des Kleinhirnbündels aus den Clarkeschen Säulen entstehen, welche ihrerseits mit den hinteren Wurzeln unmittelbar zusammenhängen. Letzterer Umstand lässt es unseres Erachtens ganz zweifellos erscheinen, dass das Kleinhirnseitenstrangbündel in Bezug auf das Kleinhirn eine centripetalleitende Bahn darstellt.

Wir hatten bereits darauf hingewiesen, dass das Kleinhirn ausser centripetalen Fasern auch ein selbständiges System centrifugaler Bahnen besitzen muss, damit zu ihm gelangte Impulse auf die Organe der Bewegung übertragen werden könnten. Es erwächst daraus die Frage, in welchen Faserbündeln wir die centrifugalen Kleinhirnbahnen zu suchen haben?

Vielerlei Gründe rechtfertigen die Annahme, dass die centrifugalen Leitungsbahnen des Kleinhirns erstens in dem spinalen Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels und zweitens in dem zu den oberen Oliven verlaufenden Bündel sich finden.

Das spinale Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels ist, wie wir sahen, teils kontinuierlich, teils durch die graue Substanz der Brücke und Fasern, welche in der Raphe aufsteigen, verbunden mit dem Nucleus reticularis tegmenti und mit der Formatio reticularis; letztere aber nimmt die Fasern des Grundbündels der Vorder- und Seitenstränge in sich auf. Da die motorische Bedeutung des Grundbündels kaum einem Zweifel unterliegen kann, so ist klar, dass das

spinale Bündel geeignet ist, Impulse vom Kleinhirn auf die Organe der Bewegung reflektorisch zu übertragen.

Dem gleichen Zweck könnten auch die innerhalb der Pyramidenbündel zerstreut liegenden (s. oben) Fasern dienen, freilich nur in dem Fall, wenn die Hypothese ihrer Abstammung aus dem Kleinhirnschenkel sich bewahrheiten sollte.[1])

Die vom Kleinhirn zu den oberen Oliven verlaufenden Faserzüge halten wir für eine centrifugalleitende Kleinhirnbahn um des Umstandes willen, weil die Oliven, wie wir gesehen haben, kontinuierlich mit den Kernen des Abducens verbunden sind und offenbar einen die Bewegungen der Augäpfel beherrschenden Reflexapparat darstellen.

Was die physiologische Bedeutung des vorderen Kleinhirnschenkels betrifft, so muss hier aller Wahrscheinlichkeit nach jene centripetale Kleinhirnbahn zu den Hemisphären des Grosshirns hindurchgehen, durch deren Vermittelung wir eine, dem Gleichgewichtsgefühl zu Grunde liegende Empfindung von der Lage unseres Körpers im Raum gewinnen.

Von diesem Standpunkte aus können wir weiterhin annehmen, dass die zweite, durch die Fasern der Hirnschenkelbasis, die Brückenkerne und das cerebrale Bündel des Brückenarms hergestellte Verbindung zwischen Grosshirnhemisphären und Kleinhirn, als centrifugale Bahn dient, vermittelst welcher von den Grosshirnhemisphären ausgehende Impulse die Gleichgewichtsverrichtungen des Organismus zu beeinflussen vermögen.

Dass im vorderen Kleinhirnschenkel auch Fasern vorhanden sind, welche centrifugale Impulse von den Grosshirnhemisphären auf

---

[1]) Bei der Schilderung der Rückenmarkfaserung war erwähnt worden, dass bei umfangreicher unilateraler Zerstörung des Kleinhirns neben Degeneration der Kleinhirnschenkel entartete Fasern im gleichseitigen Pyramidenbündel und sogar in den vorderen Wurzeln angetroffen wurden. Ausserdem fanden sich in diesem Fall auch degenerierte Faserzüge in den Vordersträngen (Marchi, Rivista Sper. di Freniatria XIII. 1888.)

das Kleinhirn übertragen, ist natürlich nicht ausgeschlossen, zumal eines seiner Bündel, wie wir sahen, stets absteigend degeneriert.

Die Associationsfasern des Kleinhirns endlich haben offenbar die Bestimmung, jene gegenseitigen Beziehungen zwischen den einzelnen Bündeln des Kleinhirns zu gewährleisten, deren Existenz wir schon vermöge unserer modernen Anschauungen über die — dem Kleinhirn obliegende — Funktion der Gleichgewichtserhaltung zugeben müssen.

V. Kapitel.

Von der Faserung der Grosshirnhemisphären.

In den Hemisphären des Grosshirns unterscheiden wir:

1) Die graue Substanz der Rinde. Dieselbe findet sich an der äusseren Oberfläche des Grosshirns und besteht aus einer grossen Anzahl von Nervenzellen verschiedener Grösse, welche in eine feinkörnige Neuroglia inmitten zahlreicher, nach allen Richtungen sich durchflechtender Fasern eingelagert sind.

2) Die Grosshirnganglien. Sie liegen an der Basis des Gehirns und sind, wie neuere anatomische Untersuchungen gezeigt haben, ebenfalls Rindengebilde.

Im übrigen bestehen die Grosshirnhemisphären aus weisser Substanz, welche hauptsächlich aus markhaltigen Nervenfasern und Neurogliazellen sich aufbaut.

In der grauen Substanz der Rinde werden die centripetalen, von der Körperperipherie ausgehenden Impulse in Empfindungen und Vorstellungen umgesetzt; hier gruppieren sich die letzteren zu komplizierten Begriffen, und hier erwacht auf Grund einer Reihe von Empfindungen und Vorstellungen der Impuls zur Bewegung, welcher seinerseits das vielgestaltige Spiel der Muskeln in Scene setzt. Kurz, die graue Substanz ist — und darin stimmen die Lehren der vergleichenden Anatomie, Physiologie und Pathologie überein — das Centrum unseres Seelenlebens, welches als Gefühl, Gedanke und

Wille, überhaupt als von psychischen Impulsen bedingte Bewegung sich uns offenbart.

Die physiologischen Forschungen von Fritsch und Hitzig legten den Grundstein zu der Lehre von den sogenannten Rindenlokalisationen. Bald entwickelte sich diese Lehre, an der Hand späterer physiologischer Untersuchungen und klinischer Beobachtungen, zu einem stattlichen wissenschaftlichen System, in welchem nichtsdestoweniger noch jetzt beträchtliche Lücken sich fühlbar machen. Es würde zu weit führen, hier die Einzelheiten der Lehre von den Rindenlokalisationen zu schildern; wir wollen nur die wesentlichsten Ergebnisse derselben in gedrängter Übersicht hervorheben.

In der Grosshirnrinde kann man zwei grosse Abschnitte unterscheiden: von diesen schliesst der eine das sog. motorische Feld, der andere vorzugsweise das sensible Feld ein.

Das motorische Feld findet sich bei den meisten Säugetieren im vorderen Bereich der Hirnrinde entsprechend der um die grosse Querfurche (Sulcus cruciatus) herum gelagerten Windung; beim Affen und beim Menschen umfasst es die zu beiden Seiten des Sulcus Rolandi gelegenen Centralwindungen und die oberen resp. hinteren Abschnitte der drei Stirnwindungen. Man kann verschiedene Bezirke des motorischen Feldes als besondere, selbständige Centren bezeichnen, von welchen die Thätigkeit gesonderter Muskelgruppen beherrscht wird. Reizung dieser Bezirke, sei es durch den elektrischen Strom, sei es durch die Einwirkung krankhafter Prozesse, erzeugt Bewegungen bestimmter Teile auf der entgegengesetzten Körperhälfte; Entfernung oder Zerstörung derselben hat mehr oder weniger ausgesprochene Abschwächung der motorischen Funktionen dieser Teile zur Folge.

Was die Frage über die näheren Beziehungen des motorischen Feldes zur psychischen Sphäre betrifft, so scheinen sehr gewichtige Momente dafür zu sprechen, dass dieses Feld die Aufgabe hat, die Willensimpulse auf die Organe der Bewegung zu übertragen. Mit

anderen Worten: das motorische Feld ist als diejenige Hirnregion aufzufassen, durch deren Vermittelung der Wille seinen Einfluss auf die Körpermuskulatur ausübt.

Allein wir wissen, dass die psychische Sphäre nicht die einzige Quelle willkürlicher Bewegungen ist. Vielmehr ist uns eine ganze Reihe von Bewegungsphänomenen bekannt, welche unzweifelhaft durch psychische Impulse bedingt sind und nichtsdestoweniger ganz unabhängig von unserem Willen auftreten; zu diesen Bewegungen gesellen sich nicht selten Veränderungen solcher Körperverrichtungen, welche, wie die Blutcirkulation oder die Sekretion drüsiger Organe, nicht, oder, wie die Atmung, nur zum Teil dem Willen unterworfen sind. Hierher gehört das Gros jener Bewegungserscheinungen, welche als Ausdruck seelischer Erregungen und Empfindungen sich darstellen (Weinen, Lachen u. s. w.).

Da nach beiderseitiger totaler Entfernung des motorischen Rindenfeldes die Tiere, wie ich zuerst gezeigt habe, ihre Empfindungen in unveränderter Weise zum Ausdruck zu bringen vermögen[1]), so sind wir anzunehmen berechtigt, dass die Quelle der sog. Ausdrucksbewegungen oder Psychoreflexe in anderen, von den motorischen Centren getrennt liegenden Rindengebieten zu suchen sei.[2])

In der That gelingt es, durch Reizung verschiedener, nicht selten recht weit hinter dem motorischen Felde gelegener Rindenbezirke bei Tieren noch eine Reihe komplizierter Bewegungen hervorzurufen, welche indessen schon sehr lebhaft an wirkliche Psychoreflexe erinnern. Es sind dies namentlich mimische Bewegungen des Gesichts und Bewegungen der Ohrmuscheln, welche, wie ich gefunden habe, nach totaler Entfernung der eigentlichen motorischen Zone bei Tieren noch erzeugt werden können. Weiterhin wissen wir, dass durch

---

[1]) S. meine Arbeit: „Physiologie der motorischen Zone der Grosshirnrinde.“ Arch. f. Psych. 1887. Sep.Abdr. 1887.

[2]) Bei Affektionen der motorischen Zone der Hemisphären beim Menschen beobachtet man nicht selten ebenfalls Lähmung der willkürlichen Gesichtsmuskeln ohne Beeinträchtigung der mimischen Bewegungen des Gesichts.

Reizung bestimmter Gebiete der Hirnrinde Veränderungen des Atemrhythmus, der Blutfülle der Gefässe der entgegengesetzten Körperhälfte und Alterationen des Blutdrucks hervorzurufen sind (Bochefontaine, Landois, Eulenburg, Bechterew u. A.). Endlich ist durch neuerdings von mir im Verein mit N. A. Misslawsky ausgeführte Versuche gezeigt worden, dass nach Reizung der dem Sulcus cruciatus benachbarten Rindenteile bei Hunden Bewegungen des Magens, der Därme, der Harnblase, der Vagina, ja sogar Speichelsekretion auftritt.

Das sensible Feld der Rinde findet sich nach hinten und aussen von der motorischen Zone und umfasst Teile der parietalen, occipitalen uud temporalen Windungen. Man unterscheidet in demselben besondere Centra für die Sensibilität und für unsere Sinnesorgane. Bezüglich der genaueren Lokalisation der Mehrzahl dieser Centren sind freilich die Ansichten der Autoren noch nicht ganz übereinstimmend. Über die Frage der Lokalisation der Haut- und Muskelsensibilität z. B. sind die Akten noch nicht definitiv geschlossen. Einige Autoren beharren noch gegenwärtig auf dem Standpunkt, die sog. motorische Zone der Rinde sei thatsächlich sensibel, und die nach Läsionen derselben auftretenden Motilitätsstörungen seien auf Alteration der einen oder anderen sensiblen Qualität (Haut- oder Muskelsensibilität) und den Wegfall der entsprechenden Vorstellungen zurückzuführen. Schiff z. B. erklärt die Motilitätsstörungen durch den Wegfall der Tastempfindung; Nothnagel schrieb dieselben seinerzeit der Alteration des Muskelgefühls zu, und Munk dem Verlust der Vorstellung von der Lage der Glieder im Raume, dem Fehlen der Tasteindrücke und der lokomotorischen Vorstellungen.

Schon an und für sich widersprechen sich diese Erklärungen so sehr, dass sie den Verdacht erwecken, es müsse sich hier um Beobachtungsfehler handeln. Bei sehr sorgfältiger Untersuchung konnte ich nach cirkumskripter und natürlich nicht in die Tiefe der Hemisphären reichender Zerstörung bestimmter Partien des motorischen Feldes (mit Ausnahme des hinteren — lateralen Abschnittes) an Tieren

in der That keine nennenswerten Störungen seitens der sensiblen Sphäre nachweisen. Dagegen habe ich bei meinen Versuchen die Ueberzeugung gewonnen, dass bei Tieren im Gefolge von Zerstörung teils nach hinten, teils nach aussen vom motorischen Felde gelegener (der Lage nach den Parietalwindungen des Menschen entsprechender) Rindengebiete Alteration der Haut- und Muskelsensibilität in den kontralateralen Gliedmassen auftritt, während Erscheinungen von Muskelparese, wie sie nach Läsionen des motorischen Feldes zu beobachten sind, fehlen. Übrigens gelingt es, durch Zerstörung des hinteren äusseren Bereichs des Gyrus sigmoides (Hund, Katze) und der hinteren Centralwindung (Affe), welche auch motorische Centra einschliessen, ebenfalls Störungen der Sensibilität hervorzurufen. Wir müssen daraus schliessen, dass die motorischen und sensiblen Centra an sich zwar selbständig sind, aber sehr nahe bei einander liegen und offenbar bis zu einem gewissen Grade einander überlagern.[1])

Die Ansichten der oben namhaft gemachten Autoren über die Ursache der nach Läsionen des motorischen Rindenfeldes auftretenden Motilitätsstörungen widersprechen den klinischen Thatsachen. Denn in Fällen von Zerstörung der Centralwindungen beim Menschen beobachtet man gewöhnlich nur Paralyse der Motilität ohne Beeinträchtigung der sensiblen Sphäre.

Freilich sind auch beim Menschen nach Rindenaffektionen zweifellos Störungen der Sensibilität zu beobachten. Allein in diesen Fällen findet man den pathologischen Herd in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle entweder ganz ausserhalb des Bereichs des motorischen Feldes, oder er betrifft ausser der motorischen Zone noch andere Rindengebiete. Die Beurteilung der meisten hierüber in der Litteratur vorhandenen Beobachtungen führt uns zu dem Schluss, dass es die Parietalwindungen sind, deren Läsion am allerhäufigsten

---

[1]) W. Bechterew, „Arzt" 30. 1883 (russisch). Neurol. Centralbl. 18. 1893. Physiologie der motorischen Zone der Grosshirnrinde. Arch. f. Psych. 1887. Sep.-Abdr.

von Störungen der Haut- und Muskelsensibilität begleitet ist. In der Litteratur finden sich übrigens Fälle, in welchen Affektionen im Bereich der unteren Abteilung der hinteren Centralwindung beim Menschen ebenfalls mit Sensibilitätsstörungen einhergingen. Diese letzteren Beobachtungen stehen mit den oben angeführten Ergebnissen meiner Tierversuche in vollstem Einklang.

Von weiteren Centren wissen wir gegenwärtig von dem Vorhandensein eines Sehcentrum in der Rinde des Occipitallappens, welches beim Menschen namentlich die inneren Gebiete desselben (erste Occipitalwindung, Kuneus) umfasst, und ferner eines Gehörcentrum im Bereiche des Temporallappens, beim Menschen vorzugsweise im Gebiet der ersten Schläfenwindung lokalisiert. Das sensorielle Geruchscentrum findet sich nach Ferrier im Gyrus uncinatus des Temporallappens. Munk dagegen verlegt es auf Grund seiner Untersuchungen in die Windung des Ammonshorns. Beide Ansichten lassen sich übrigens unschwer miteinander in Einklang bringen. Denn eine der Wurzeln des Bulbus olfactorius verbirgt sich im Gehirn nahe der Spitze des Schläfenlappens; ausserdem ist der Gyrus uncinatus eine unmittelbare Fortsetzung des Ammonshorns.

Was endlich die Centra der Geschmacksempfindung anlangt, so finden sich solche nach den neueren Untersuchungen von A. E. Schtscherbak beim Kaninchen in den Gebieten der Hirnrinde, welche den Parietallappen höherer Tiere entsprechen.

Es sei hier noch erwähnt, dass ich nach Läsion der Rinde hinter den motorischen Centren und in der Umgebung der Mantelspalte bei Tieren Reitbahnbewegungen auftreten sah, welche in jeder Beziehung jenen Zwangsbewegungen glichen, welche nach Durchschneidung des vorderen Kleinhirnschenkels beobachtet werden.[1])

---

[1]) Bechterew: „Über die nach Zerstörung der Hirnrinde auftretenden Zwangsbewegungen." „Russische Medicin" No. 1 und 3. 1885. Virchows Archiv Bd. 101. 1885. Mit diesen, hier angeführten Zwangsbewegungen, welche bei den operierten Tieren anfallsweise auftreten, sind, wie dies seitens einiger Autoren ge-

Letzterer Umstand spricht unzweifelhaft dafür, dass das bezeichnete Rindengebiet die centralen Verästelungen des vorderen Kleinhirnschenkels in sich aufnimmt und offenbar zu den Organen der Gleichgewichtserhaltung in Beziehungen steht. Höchst wahrscheinlich ist es bestimmt, die von den letzteren ihm übermittelten Empfindungen der Lage unseres Körpers im Raum zu percipieren.

Zum Schluss dieser kurzen Übersicht können wir nicht umhin, zu bemerken, dass die Lehre von den Lokalisationen in der Hirnrinde sich noch durchaus im Beginn ihrer Entwickelung befindet. Wir wissen nicht nur nichts über die Verrichtungen ausgebreiteter Rindengebiete, z. B. der medialen und unteren Teile der Hemisphären, sondern wir können und sollen nicht im entferntesten überzeugt sein, dass durch die oben genannten Centra die gesamte Funktion der Rindenteile erschöpft ist, in welchen diese Centren liegen. Es kann leicht geschehen, dass die Physiologie der Zukunft uns noch neue Centren annähernd in denselben Bezirken der Grosshirnrinde entdeckt, in welche wir die uns bereits bekannten Centra verlegen.

Ferner dürfte es unseres Erachtens nicht gerechtfertigt sein, die Centra der Rinde als topographisch getrennte Gebilde aufzufassen. Im Gegentheil, es ist nicht allein möglich, sondern geradezu wahrscheinlich, dass ein und dasselbe Gebiet der Rinde vermöge seiner vielseitigen Verbindungen mit der Körperperipherie gleichzeitig verschiedenen Verrichtungen dienen kann. Dadurch wird uns z. B. die Thatsache leichter verständlich, dass bei Tieren jener relativ kleine Bezirk der Grosshirnrinde, welcher den Gyrus sigmoides resp. die Centralwindungen und die nächste Umgebung der letzteren einschliesst, gleichzeitig das Centrum für die Bewegung der Gliedmassen, für die Bewegung der verschiedenen inneren Organe (Herz, Magen,

---

schehen ist, jene Kreisbewegungen nicht zu verwechseln, welche nach unilateraler Zerstörung des motorischen Rindenfeldes bei Tieren zuweilen beobachtet werden und welche möglicherweise das Produkt einer partiellen Paralyse der Extremitäten darstellen.

Darmkanal, Harnblase u. s. w.), die vasomotorischen Centra, die Centren für die Thränensekretion u. s. w. in sich zu bergen vermag.

Zu den Grosshirnganglien zählen wir die graue Substanz des Nucleus caudatus und das äussere Glied des Linsenkerns oder das Putamen. Beide gehen kontinuierlich in einander über und können daher unter dem gemeinsamen Namen Corpus striatum (Taf. Fig. VI, *cs)* zusammengefasst werden.

Leider ist die physiologische Rolle dieser ohne Frage sehr wichtigen Gehirnteile bis jetzt noch nicht ganz erschlossen. Viele Autoren, wie Ferrier, Carville, Duret, Sanderson u. A. erzielten durch Irritation des Nucleus caudatus komplizierte Bewegungen der Gliedmassen der kontralateralen Körperhälfte und waren daher geneigt, das Corpus striatum in toto für ein motorisches Ganglion zu halten. Dagegen fanden Andere, wie Glicky und neuerdings auch Minor, das Corpus striatum (Nucleus caudatus) elektrisch vollständig unerregbar. Die Versuche des letztgenannten Autors sind unseres Erachtens von um so grösserer Bedeutung, als bei denselben vor Reizung des Nucleus caudatus durch Entfernung der motorischen Zone der Hirnrinde bei den Tieren sekundäre Degeneration des Pyramidenstrangs erzeugt wurde, wodurch die Eventualität einer gleichzeitigen Irritation des letzteren ausgeschlossen war. Bei gleicher Versuchsanordnung hatte ich ebenfalls wiederholt Gelegenheit, mich von der Unerregbarkeit des Nucleus caudatus, wenigstens bei Anwendung mittelstarker Ströme, zu überzeugen.

Einige Autoren, wie Magendie, Schiff und Nothnagel, beobachteten nach Läsion des Corpus striatum (richtiger des Nucleus caudatus) eigenartige Zwangsbewegungen, bestehend in vorwärts gerichteten Laufbewegungen der Tiere. Bei Operationen in den Nachbargebieten des III. Ventrikels sah ich ebenfalls bei den Tieren Laufbewegungen nach vorne vom Charakter der Zwangsbewegungen auftreten. Es ist daher denkbar, dass es sich in diesen, wie in jenen Fällen um Reizung identischer Hirngebiete handelt; jedoch ist dieses auf Grund der bisherigen Versuche allein nicht mit Sicherheit zu

entscheiden. Immerhin erwecken die bezeichneten Versuche den Gedanken an eine Beziehung des Corpus striatum zur Koordination der Geh- und Laufbewegungen. Meines Erachtens ist dies durchaus nicht unwahrscheinlich, namentlich in Anbetracht der anatomischen Beziehungen des Corpus striatum zu den Kernen des Pons und damit zum Kleinhirn, auf welche wir im Nachstehenden zurückkommen.

Die vorhandenen Beobachtungen pathologischer Fälle stehen nicht in Widerspruch mit der obigen Anschauung über die Bedeutung der Grosshirnganglien. Bei Affektionen des Corpus striatum beobachtet man gewöhnlich Paralyse der entgegengesetzten Körperhälfte, welche übrigens in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle keine dauernde zu sein pflegt. Letzteres erklärt sich unschwer durch die Existenz anderer, für den Gehalt ebenfalls bedeutungsvoller Bahnen.

Beim Studium der Funktion des Corpus striatum sind unter anderem auch die embryologisch-anatomischen Beziehungen der Grosshirnganglien zum Gegenstand der Diskussion geworden. Bekanntlich sind Nucleus caudatus und Putamen des Linsenkerns der Hirnrinde verwandte Gebilde; man war daher versucht, sie auch in funktioneller Hinsicht der Hirnrinde an die Seite zu stellen.

Letztere Anschauung erscheint mir am wenigsten vertrauenerweckend. Auch wenn der Nucleus caudatus und das Putamen thatsächlich nichts anderes sind, als modifizierte Rinde, so ist trotzdem die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass die Funktion dieser Gebilde eine gesonderte sei, und mit der Funktion der Rinde wenig gemeinschaftliches aufweise.

In nächster Beziehung zu den Grosshirnhemisphären steht nur das erste Nervenpaar, dessen Fasern in die an der basalen Fläche der Stirnlappen liegenden Bulbi olfactorii eintreten.

Was die Beziehungen der Fasern der Schneiderschen Membran zu den Zellen der Bulbi olfactorii betrifft, so fehlt hier, wie auch bei anderen sensiblen Nerven, eine direkte Verbindung der Fasern mit den Zellen. Vielmehr werden die Beziehungen zwischen beiden durch Kontakt in den sog. Glomeruli der Bulbi olfactorii

hergestellt. Das sind dichte Geflechte feinster Endverästelungen der Riechnerven und der Protoplasmafortsätze der grossen Pyramidenzellen der tiefer liegenden Schicht des Riechkolbens, welche ihre Achsencylinderfortsätze in die weisse Substanz des letzteren hinein entsenden.[1])

Der Zusammenhang der Riechfasern mit den centralen Elementen kommt nach neueren Untersuchungen derartig zu stande, dass die aus den bipolaren Zellen der Schneiderschen Membran entspringenden Nervenfasern in den Riechkolben hineintreten, sich hier verästeln und in die Glomeruli sich einsenken. In letztere hinein aber treten auch (beim Menschen je einer, bei Tieren mehrere) Protoplasmafortsätze der grossen Pyramidenzellen (oder Mitralzellen) der darüber liegenden Schicht des Bulbus. Von einem Netz innerhalb des Glomerulus kann hierbei gar keine Rede sein, sondern der Glomerulus enthält nur die Verästelungen eines zelligen Protoplasmafortsatzes, welche pinselförmig die Endverästelungen der Riechnerven umgeben.

Wir wenden uns nunmehr zu den Fasern der Grosshirnhemisphären. Vor allem ist zu bemerken, dass sie nach Massgabe ihrer Verknüpfungen in zwei Hauptkategorien zerfallen: 1) Fasern, welche von der grauen Rinde der Grosshirnhemisphären zum Hirnstamm und zu den Grosshirnganglien verlaufen, sog. Leitungs- oder Projektionsfasern; 2) Fasern, welche zur gegenseitigen Verbindung verschiedener Gebiete der grauen Substanz der Grosshirnhemisphären dienen, sog. Associationsfasern.

Studieren wir Querschnitte der Grosshirnrinde, welche nach der Methode von Weigert oder Pahl gefärbt sind, so finden wir, dass die markhaltigen Nervenfasern, welche aus Fortsätzen von Nervenzellen hervorgehen, das Rindengrau nach allen möglichen Rich-

---

[1]) Wie alle sensiblen Nerven, so entwickelt sich auch der Olfaktorius ursprünglich nicht in centrifugaler, sondern in centripetaler Richtung, d. h. nicht vom Bulbus olfactorius zur Peripherie, sondern umgekehrt, von der Peripherie zum Bulbus.

tungen durchsetzen. Dadurch erzeugen die markhaltigen Fasern fast in allen Gebieten der Grosshirnrinde ein zartes, nicht selten höchst zierliches Flechtwerk. Aber noch innerhalb des Bereichs der Rinde, in der dritten und bisweilen sogar in der zweiten Schicht sammeln sich die markhaltigen Fasern zu Bündeln, welche in der Richtung zur weissen Substanz mehr und mehr an Umfang gewinnen, in dem Masse, als sich ihnen neue Fasern hinzugesellen. Diese Faserbündel sind es, welche den Anfang der Leitungsfasern sowohl, als auch der Associationsfasern bilden. Mit Ausnahme der centralen Fortsetzungen des ersten Nervenpaares, stammen alle in die Grosshirnhemisphären eintretenden Leitungsfasern teils aus dem Hirnstamm, teils aus den basalen Grosshirnganglien.

Zunächst sind die Faserbündel zu betrachten, welche aus dem Hirnstamm hervorgehen. The Internal Capsule.

Viele dieser Bündel sind bereits im Vorstehenden geschildert worden. Wie wir sahen, geht in die Hemisphären fast die gesamte untere Etage des Pedunculus cerebri über, d. h. die Fasern des lateralen Brückensystems, der Pyramidenbündel, des accessorischen medialen und der zerstreuten Bündel der Schleifenschicht, des medialen Brückensystems und die aus der Substantia nigra entspringenden Faserzüge. Alle diese Faserzüge des Hirnstamms passieren nach ihrem Eintritt in die Hemisphären die innere Kapsel; letztere ist demnach das wichtigste Bindeglied zwischen Hirnstamm und Grosshirnhemisphären.

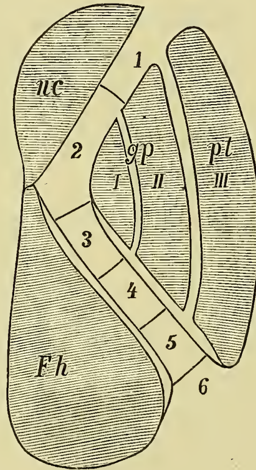
Abgesehen hiervon begeben sich aus der oberen Etage des Grosshirnschenkels durch die innere Kapsel zu den Hemisphären noch folgende Faserbündel: 1) der Teil der Schleifenschicht, welcher weder im Thalamus, noch im Linsenkern unterbrochen wird; 2) Fasern aus der grauen Substanz des vorderen Vierhügels, welche als Fortsetzung der Sehnerven dienen; 3) Fasern des dorsalen Abschnitts der hinteren Kommissur und 4) höchstwahrscheinlich auch Fasern aus dem roten Kern.

Auf Horizontalschnitten durch das Gebiet der Grosshirnganglien und die innere Kapsel weist letztere bekanntlich ein medianwärts gerichtetes Knie auf, durch welches sie in einen vorderen kleineren und einen hinteren grösseren Schenkel zerfällt. Sämtliche obengenannte Faserbündel der Basis des Grosshirnschenkels verteilen sich nun auf die beiden Schenkel der inneren Kapsel in folgender Weise. Im hintersten Abschnitt des hinteren Schenkels findet sich das laterale Brückensystem, etwas nach vorne davon die zerstreuten Faserbündel der Schleifenschicht. Dann folgen die Fasern der Pyramidenbündel, welche ungefähr das mittlere Drittel des hinteren Schenkels einnehmen, und unmittelbar nach vorne von ihnen, in der Nähe des Kapselknies, findet man die Fasern der accessorischen Bündel der Schleifenschicht, welche zur centralen Fortsetzung motorischer Hirnnerven (facialis, hypoglossus) dienen. Der vordere Schenkel der inneren Kapsel enthält die Fasern des medialen Brückensystems und Faserzüge, welche in innigster Beziehung zur Substantia nigra stehen.

motor cranial nerves & pyramids

mid pontine fibres – subs. nigra

Schema 13.



Schematische Darstellung der Faserverteilung in der inneren Kapsel.

nc — nucleus caudatus; *th* — Thalamus opticus; *gp* — Globus pallidus; *pt* — Putamen nuclei lenticularis; *1*—Fasern des pedunculus anterior Thalami optici, *2* — Fasern des medialen Brückensystems; 3 — Fasern motorischer Hirnnerven (tiefer unten das mediale accessorische Bündel der Schleife bildend); *4* — Pyramidenbündel; *5* — sensible Bahnen (tiefer unten die zerstreuten Bündel der Schleifenschicht bildend); *6* — Fasern des lateralen Brückensystems.

Was die erwähnten Fasern der Haube anlangt, so verlaufen sie im hinteren Schenkel der inneren Kapsel, und zwar hauptsächlich nach innen, zum Teil aber auch nach aussen von den Fasern der Hirnschenkelbasis.

Es fragt sich nun, wie verteilen sich alle diese Faserbündel innerhalb der Grosshirnhemisphären?

Was hierüber feststeht, lässt sich folgendermassen zusammenfassen.

Die Fasern des lateralen Brückensystems (6, Schema 13; Taf. Fig. V, VI 51.), welche in den tieferen Partien der inneren Kapsel am meisten nach hinten gelegen sind, wenden sich nahe der Basis des hinteren Endes des Linsenkerns zum hinteren Gebiet der Hemisphären und zum Teil auch zur Rinde des Temporallappens, insbesondere zu dessen basaler Oberfläche, um hier zu endigen.

Diese Fasern entarten, wie ich zuerst festgestellt habe, absteigend, und zwar ist die Degeneration in pathologischen Fällen nur bis zur Ebene der oberen Brückenregion zu verfolgeu. Diese Thatsache steht in vollstem Einklang mit den Untersuchungen Flechsigs, nach welchem das laterale Brückensystem aus der grauen Substanz der Brücke hervorgeht. Dagegen ist die unter den Neuropathologen verbreitete Ansicht, der laterale Teil der Basis des Grosshirnschenkels enthalte sensible Fasern, durchaus unbegründet, zumal die letzteren in keinem Zusammenhang mit jenen Gebilden des Hirnstammes stehen, welche wir als sensible betrachten können.

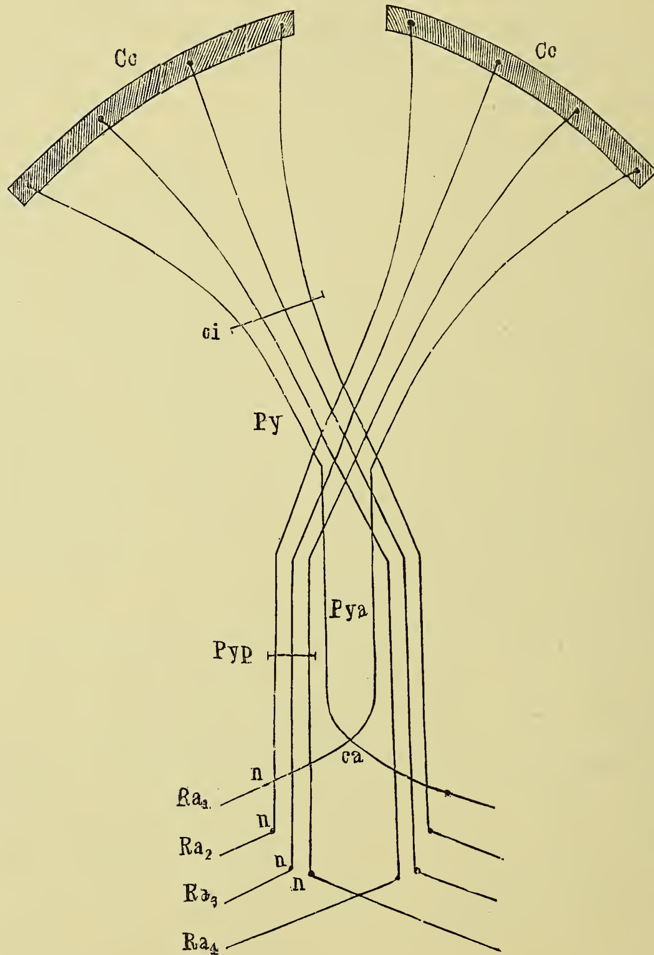
Die Fasern der zerstreuten Bündel der Schleifenschicht, welche, wie wir sahen, die centrale Fortsetzung sensibler Gehirnnerven darstellen, breiten sich, wie man auf Grund physiologischer Daten annehmen muss, hauptsächlich in den Parietallappen aus (10′, Taf. Fig. VI).

Was ferner das Pyramidenbündel anlangt, so stimmen die klinischen Beobachtungen, das physiologische Experiment und die anatomische Untersuchung des kindlichen Gehirns und der sekundären Degenerationen darin überein, dass dieses Bündel nach seinem Austritt aus der inneren Kapsel zu den Centralwindungen sich begiebt und vorzugsweise in beiden Centralwindungen seine Endigung findet.

Im Bereiche der weissen Substanz der Grosshirnhemisphären weichen die Fasern des Pyramidenbündels in der Richtung von den Ganglien zur Rinde strahlenförmig auseinander, entsprechend den auf

der Oberfläche der Hemisphäre zerstreuten motorischen Centren (Schema 14). Dieses schliessen wir wenigstens aus dem Umstand,

Schema 14.



Schematische Darstellung der Pyramidenbündel.

Cc — Grosshirnrinde; *ci* — Ebene der Capsula interna; *Py* — Pyramiden; *ca* — Commissura anterior; *Pya* — Pyramidenvorderstrang; *Pyp* — Pyramidenseitenstrang; *n, n, n, n* — motorische Zellen der Vorderhörner des Rückenmarkes; *Ra*, Ra_1, Ra_2, Ra_3, Ra_4 — vordere Wurzeln.

dass cirkumskripte, der Lage des motorischen Feldes entsprechende Läsionen im Bereich des Tegmentum semiovale gewöhnlich isolierte Lähmungen einzelner Gliedmassen auf der entgegengesetzten Seite zur Folge haben, nicht aber solche der ganzen entgegengesetzten Körperhälfte, wie nach Läsionen des Pyramidenbündels im Bereiche der inneren Kapsel.

Das mediale accessorische Schleifenbündel (3, Schema 13; 26. Taf. Fig. IV, V, VI), welches als centrale Bahn motorischer Hirnnerven sich darstellt, strebt, wie physiologische Versuche und klinische Beobachtungen lehren, vorzüglich zum unteren Bereich der Centralwindungen und vielleicht auch zum hinteren Abschnitt der 2. Stirnwindung.

Das mediale Brückensystem (2, Schema 13; 50. Taf. Fig: IV, V, VI), welches den vorderen Schenkel der inneren Kapsel einnimmt, begiebt sich hauptsächlich zu den Grosshirnganglien und zu den Centralwindungen, und nach einigen Autoren (Zacher) auch zu den Windungen der Insula Reilii.[1]) Mid-pontine system.

Was endlich die aus der Substantia nigra hervorgehenden Faserzüge betrifft (26′. Taf. Fig. V, VI), so ist der Ort ihrer thatsächlichen Endigung im Gehirn zwar nicht sicher bekannt; allein man hat nichtsdestoweniger Grund zu der Annahme, dass sie wenigstens zum Teil mit dem Corpus striatum zusammenhängen (s. unten). In pathologischen Fällen habe ich Degeneration dieser Faserzüge nach umfangreichen Läsionen im Bereich der inneren Kapsel und der Grosshirnganglien beobachtet. In einigen Fällen von alten Herdläsionen im Gebiet des vorderen Schenkels der inneren Kapsel ist neben absteigender Degeneration der Fasern des Hirnschenkelfusses auch Atrophie der Zellen der Substantia nigra beobachtet (Witkowsky, Bechterew). Ebenso fand sich bei unilateraler Hirnatrophie unter

[1]) Sekundäre Degeneration dieses Bündels ist wiederholt beobachtet worden, und zwar sowohl nach Läsionen der Hirnrinde, als auch nach Läsionen der Grosshirnganglien und des vorderen Schenkels der inneren Kapsel. In allen diesen Fällen erstreckte sich die Degeneration abwärts nur bis zur Höhe der grauen Substanz des Pons.

anderem Atrophie des Luysschen Körpers und der Substantia nigra (Jelgersma).

Über die zu den Hemisphären tretenden Fasern der Brückenhaube sei hier folgendes bemerkt:

The fillet.

Die Faserzüge der Schleife, welche unmittelbar aus den Kernen der Hinterstränge zu den Grosshirnhemisphären sich erheben, begeben sich vorzugsweise zur hinteren Centralwindung und zum parietalen Bereich der Rinde (10, Taf. Fig. VI). So führte in dem Fall von Flechsig und Hösel Zerstörung der hinteren Centralwindung zu Atrophie der Schleife und im verlängerten Mark zu Verkleinerung des kontralateralen Kerns der zarten Stränge. Andererseits lehren nach der Methode der Atrophie von Monakow angestellte Tierversuche, dass Läsion im Gebiet der Parietallappen Atrophie der Schleife und der Kerne der zarten Stränge in der Medulla oblongata zur Folge hat.

Wo die Fasern des dorsalen Bündels der hinteren Kommissur in der Rinde endigen, ist bislang nicht mit Sicherheit festgestellt; man kann jedoch mit Recht annehmen, dass sie sich im wesentlichen zu den Parietalwindungen erheben. Was aber die Fasern betrifft, welche aus der grauen Substanz des vorderen Vierhügels entspringen, so finden sie sich zunächst im hinteren Abschnitt des hinteren Schenkels der inneren Kapsel und ziehen von hier zum occipitalen Gebiet der Hemisphäre.

Cortex & red nucleus.

Wie gesagt, streben zur Rinde der Hemisphären durch den hinteren Schenkel der Capsula interna höchstwahrscheinlich auch Faserzüge aus dem Bereiche des roten Kerns (48. Taf. Fig. VI). Dafür sprechen wenigstens die Fälle alter Rindenläsionen im Bereich der Parietal- und Centralwindungen, welche von Atrophie des roten Kerns und nicht selten auch des anderseitigen vorderen Kleinhirnschenkels begleitet sind.[1])

[1]) S. z. B. den unlängst publizierten Fall von Flechsig und Hösel. Neurol. Centralbl. 14. 1890.

Wir gehen jetzt zur Schilderung der Fasern über, welche aus den grauen Kernen der Gehirnbasis kontinuierlich zur Hirnrinde verlaufen.

Im Verein mit den Faserzügen, welche aus dem Gebiet des vorderen Vierhügels austreten, begiebt sich zur Rinde des Occipitallappens ein Faserbündel, welches aus dem lateralen Kniehöcker und dem hinteren Teil des Thalamus opticus hervorgeht. Alle diese Faserbündel, welche also aus dem vorderen Vierhügel, dem lateralen Kniehöker und dem hinteren Teil des Thalamus sich zur Hirnrinde begeben, werden nicht selten unter einem gemeinsamen Namen als Gratioletsche Sehstrahlung beschrieben (56, Taf.-Fig. VI). Diese Bündel atrophieren nach Zerstörungen im Bereich des Occipitallappens; gleichzeitig atrophieren nicht selten auch die erwähnten ihnen zum Ursprung dienenden Gebilde, zuweilen ist sogar konsekutive Atrophie des Tractus opticus beobachtet worden.[1])

Auch der mediale Kniehöcker, welcher Faserzüge aus dem hinteren Vierhügel in sich aufnimmt, entsendet, wie wir sahen, ein selbständiges Faserbündel zur Grosshirnrinde (29', Fig. Taf. VI). Dieses Faserbündel verläuft, wie die Untersuchung der experimentellen Atrophie und sekundären Degenerationen lehrt, zum Temporallappen, und zwar vorzugsweise zur ersten Windung desselben, in welche nach klinischen Beobachtungen beim Menschen das Gehörcentrum zu verlegen ist.[2])

---

[1]) S. besonders die Fälle von Monakow: Arch. f. Psychiatrie, Bd. XXI, 1889, und von Kreuser in Allg. Zeitschr. f. Psych. Bd. XLVIII.

[2]) Bei Läsionen im Bereich des Schläfenlappens beobachtet man in der Regel sekundäre Atrophie des medialen Kniehöckers: in einigen Fällen war auch ein degeneriertes Faserbündel auf der ganzen Strecke von der ersten Schläfenwindung bis zum atrophischen medialen Kniehöcker zu verfolgen, wobei die Degeneration resp. Atrophie bisweilen auch das hintere Brachium und den hinteren Vierhügel ergriffen hatte (s. insbesondere die Fälle von Monakow im Corresp. Bl. f. Schweizer Aerzte XX, 7, 1890, und im Arch. f. Psych. XXI, 1889, sowie von Zacher im Arch. f. Psych. XXII, 3. 1891).

Cortico-thalamic fibres.

Besonders mächtige, aus den grauen Kernen der Gehirnbasis hervortretende Bündel werden von den Fasern gebildet, welche die Hemisphären des Grosshirns mit den Sehhügeln verbinden.

Zunächst tritt die ungeheure Zahl der Fasern, welche die Rinde mit dem Thalamus verbinden und den Stabkranz des letzteren (Corona radiata Thalami) bilden, von aussen her in den Thalamus ein; dadurch erhält die äussere Fläche des letzteren, welche der inneren Kapsel zugekehrt ist, ein gitterartiges Aussehen (Stratum reticulatum). Alle den Stabkranz des Sehhügels zusammensetzenden Fasern treten zu mächtigen Bündeln zusammen, welche nicht selten als die Stiele Thalami optici bezeichnet werden. So unterscheidet man einen vorderen, mittleren, hinteren und unteren oder inneren Thalamusstiel.

1). anter. limb (fronto-thalamic)

Den vorderen Stiel bilden Fasern, welche aus dem Tuberculum anterius Thalami in sagittaler Richtung durch den vorderen Schenkel der inneren Kapsel direkt nach vorne ziehen und zum Stirnlappen der Hemisphäre sich begeben (52. Taf. Fig. VI). Obersteiner beschreibt ausserdem ein kleines Faserbündel, welches aus dem Bulbus olfactorius zum Sehhügel hinzieht. Dieses in sagittaler Richtung zur Basis des Thalamus verlaufende Bündel zweigt sich eigentlich von jenen Faserzügen des Bulbus olfactorius ab, welche in die vordere Kommissur sich einsenken.

2). middle limb (parieto-thalamic)

Der mittlere Stiel des Thalamus wird durch Faserzüge gebildet, welche aus der lateralen Fläche des letzteren hervortreten und durch das Gebiet der Capsula interna in die Rinde der parietalen Bezirke des Grosshirns übergehen (*fst* Schema 15; 53, 54. Taf. Fig. VI).

3). Post. limb (occipito-thalamic)

Der hintere Stiel der Sehhügel setzt sich aus Fasern zusammen, welche vereint mit den Fasern des Corpus geniculatum laterale und des vorderen Vierhügels in sagittaler Richtung zur Rinde des Hinterhauptlappens streben (55, Taf. Fig. VI). Ein Teil der Fasern dieses Bündels geht übrigens nach Erreichung des Pulvinar in das Stratum zonale des Thalamus über, von welchem später die Rede sein soll.

4) Inferior limb (temporo-thalamic)

Der untere Stiel endlich (*fit* Schema 15; 55′, Taf. Fig. VI) verläuft in der Basis des Thalamus lateralwärts von den Bündeln des Fornix in der Richtung von vorne nach hinten. Auf ihrer weiteren Bahn umziehen die Fasern desselben von unten her den Hirnschenkel an seiner Eintrittsstelle in die Hemisphären und erzeugen dadurch die Ansa peduncularis; darauf ziehen sie unter dem Linsenkern zum Schläfenteil des Gehirns. Es ist möglich, dass ein Teil der Fasern des unteren Thalamusstiels schon im Globus pallidus des Linsenkerns aufhört. Ein gewisser Teil dieser Fasern geht ausserdem zweifellos in das Stratum zonale über.

Das Stratum zonale bildet die eigentliche Decke der oberen Fläche des Sehhügels und enthält Fasern, welche grösstenteils von vorne nach hinten verlaufen. Zu ihm gehören demnach die schon erwähnten Fasern des hinteren und unteren Thalamusstiels, ferner die Fasern des lateralen Bündels der Tractus optici, welche durch das Corpus geniculatum an die Oberfläche des Thalamus gelangen, und endlich die Fasern der Pedunculi conarii, deren Herkunft (abgesehen von dem erwähnten Bündel aus dem Ganglion habenulae) noch nicht genauer bekannt ist.[1])

[Functions of optic thalamus!]

Wie wir bei einer früheren Gelegenheit des Näheren erörterten, sind die Thalami im wesentlichen motorische Ganglien, welche unter anderem bei dem Mechanismus der Ausdrucksbewegungen und Psychoreflexe eine Rolle spielen und die Innervation der inneren Organe beherrschen. Demzufolge müssen wir die Mehrzahl der Fasern, welche die Rinde mit den Sehhügeln und durch letztere mit den Elementen der Formatio reticularis und mit dem Grundbündel des Vorder- und Seitenstrangs verbinden, als Bahnen auffassen, durch deren Vermittelung in der Rinde entstehende Impulse zur Auslösung unwillkürlicher Bewegungen führen.

---

[1]) In pathologischen Fällen von Läsion der Rinde oder der Hemisphären degenerieren die zum Stabkranz des Sehhügels gehörenden Faserbündel absteigend. Bisweilen wird hierbei auch Atrophie entsprechender Teile der Thalami selbst gefunden.

Cortico-lenticular fibres –

Der zweite, an der Gehirnbasis befindliche grosse Kern, der Nucleus lenticularis, steht ebenfalls in kontinuierlicher Verbindung mit der Hemisphärenoberfläche. Eines von den Bündeln, welche diese Verbindung herstellen, verläuft von den beiden medialen Gliedern oder dem sog. Globus pallidus (*fl* Schema 15; 16, Taf. Fig. VI) zur Rinde. Da dieses Bündel sich kurz vor der Geburt entwickelt, so ist es am Gehirn unreifer Neugeborener, wo es bereits markhaltig ist, unschwer nachzuweisen, während die übrigen Bündel der Grosshirnhemisphären zu dieser Zeit noch der Markscheiden entbehren.

Nach Edinger dient das genannte Bündel unter anderem zur Bildung der Laminae medullares und soll, nachdem es diese letzteren durchsetzt, kontinuierlich in die Haube des Pedunculus cerebri übergehen. Es ist möglich, ja wahrscheinlich, dass aus den Keilstrangkernen direkt zur Rinde aufsteigende Schleifenfasern in diesem Bündel verlaufen; dass letzteres aber wenigstens zum Teil aus den beiden medialen Gliedern des Linsenkerns stammt, kann nichts destoweniger keinem Zweifel unterliegen (*fl* Schema 15).

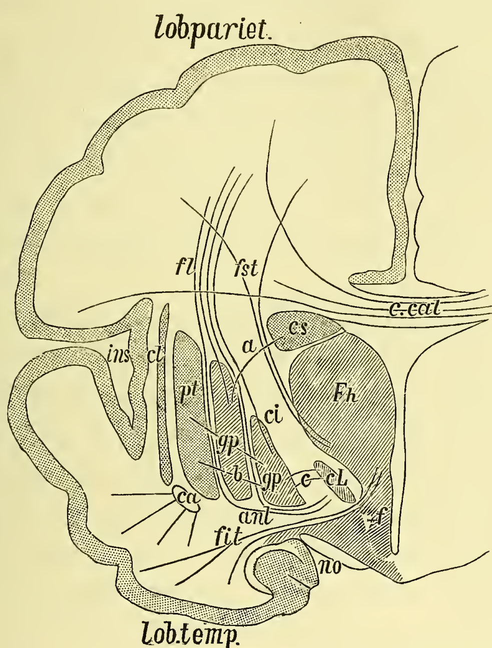
Was den Verlauf der eben erwähnten Faserzüge innerhalb der Hemisphären anlangt, so treten sie sehr bald zu einem kompakten Bündel zusammen, welches entlang dem medialen Rande des Linsenkerns zunächst etwas lateralwärts abweicht und dann zur Rinde der Parietalwindungen aufsteigt.

Ausserdem ist zu merken, dass der Globus pallidus in Bezug auf den Rest des Linsenkerns (das äussere Glied oder Putamen) und in Bezug auf den Nucleus caudatus gewissermassen die Rolle einer Zwischenstation, eines besonderen Ganglion, spielt, durch dessen Vermittelung die genannten Gebilde mit den tieferliegenden Hirngebieten sich verbinden. Anatomische Untersuchungen lehren nämlich, dass vom äusseren Glied des Linsenkerns eine beträchtliche Anzahl von Fasern zum Gebiet des zweiten und ersten Gliedes hinzieht (49, Taf. Fig. VI), und dass andererseits auch das Corpus caudatum zu den letzteren durch den vorderen Schenkel der Capsula interna seine

Fasern entsendet. Übrigens ist davon im Nachstehenden noch des Näheren die Rede.

Von weiteren Verknüpfungen der Rinde mit den basalen Kernen des Hirnstammes ist noch des Fornix zu gedenken. Derselbe ent-

Schema 15.



Schematische Darstellung der Fasern, welche aus dem Linsenkern und dem Sehhügel zur Rinde verlaufen.

c.cal — Corpus callosum; *cs* — Nucleus caudatus; *Fh* — Thalamus opticus; *cL* — Corpus Luys s. subthalamicum; *gp* — Globus pallidus nuclei lenticularis; *pt* — Putamen nuclei lenticularis; *cl* — Claustrum; *fst* — mittlerer Thalamusstiel; *fl* — Faserbündel, welches aus dem Globus pallidus und den Laminae medullares des Linsenkerns zur Rinde zieht und wahrscheinlich auch Fasern der aus den Hinterstrangskernen entspringenden Rindenschleife enthält; *anl* — Ansa nuclei lenticularis; *fit* — unterer Thalamusstiel; *f* — Fornix; *no* — nervus opticus; *ca* — vordere Kommissur; *ins* — Insula Reilii; *lob.pariet.* — Rinde des Parietallappens; *lob.temp.* — Rinde des Temporallappens; *ci* — Capsula interna; *a* — Fasern zur Verbindung des Nucleus caudatus mit dem Globus pallidus; *b* — Fasern zur Verbindung des Putamen mit dem Globus pallidus; *c* — Fasern, welche vom Luysschen Kern (corpus subthalamicum) zum Globus pallidus verlaufen.

hält ein mächtiges Fasersystem, welches aus dem medialen Kern des beiderseitigen Corpus mamillare nach vorne und aufwärts in Gestalt kompakter Bündel zieht, die als Gewölbe bezeichnet werden (57, Taf. Fig. VI). Die letzteren treten nahe der vorderen Grenze der Thalami in die Seitenventrikel hinein, wenden sich über den Sehhügeln nach hinten und teilweise nach aussen und bilden so das Gewölbe. Auf ihrer weiteren Bahn weichen diese Gewölbebündel allmählich immer mehr lateralwärts ab, wenden sich dann nach unten, umziehen den hinteren Teil der Thalami und gehen in die Unterhörner des Seitenventrikels in Gestalt der sg. Fimbriae über, welche an der Spitze des Ammonshorns endigen und Fasern des Alveus und zum Teil auch der Fascia dentata Tarini in sich aufnehmen.[1])

Die Faserbündel des Gewölbes (welche, beiläufig bemerkt, bei Zerstörungen des Grosshirns, wie ich mich wiederholt überzeugen konnte, absteigend degenerieren) dienen demnach als Bindeglied zwischen Rinde des medialen Randes der Basis des Schläfenlappens oder des sg. Ammonshorns und den Corpora mamillaria. Zur weiteren Fortsetzung dieser Bündel innerhalb des Hirnstamms aber dienen, wie die Untersuchungen Guddens lehren, die Stiele des Corpus mamillare, welche, wie wir sahen, nach unten nicht über die Ebene des inneren Abschnitts der Substantia nigra hinaus zu verfolgen sind.

Das Gewölbe enthält mindestens zwei Arten von Fasern. Dies geht aus dem Umstande hervor, dass bei Tieren ein beträchtlicher Teil der Fimbriafasern sich früher entwickelt, als die Fasern des zum Corpus mamillare ziehenden absteigenden Gewölbeschenkels. Demnach verläuft ein Teil der Fornixfasern, welche in der Fimbria aufsteigen, zweifellos nicht kontinuierlich bis zum Corpus mamillare. Es ist möglich, dass die Bahn dieser Fasern im Gebiet des Septum

---

[1]) Von Gudden, sowie von Monakow, wird die Existenz einer kleinen gekreuzten hinteren Fornixwurzel angenommen, welche nach Monakow in der centralen grauen Substanz entspringt.

pellucidum unterbrochen wird, aus welchem ein Faserbündel, der sog. Stiel septi pellucidi, durch die Substantia perforata anterior zum Thalamus opticus hinzieht. Andere Momente weisen darauf hin, dass ein Teil der Gewölbefasern vor Erreichung der centralen grauen Substanz sich zur Taenia thalami abzweigt, deren Fasern hauptsächlich in den Pedunculus conarii übergehen. Die endgiltige Entscheidung des Schicksals dieser Fragen aber muss zukünftigen genaueren Untersuchungen überlassen werden. Übrigens ist es nicht überflüssig hier zu vermerken, dass nach Beevor im Fornix noch Faserbündel sich finden, welche beide Ammonshörner unter einander verbinden.

Es bedarf jetzt einiger Worte über die Faserung des Streifenhügels (Corpus striatum). Beide Bestandteile desselben — der Nucleus caudatus und das Putamen des Linsenkerns, sind, wie erwähnt, modifizierte Rindenformationen. Ihre Ähnlichkeit mit der Hirnrinde offenbart sich, wie Wernicke zeigte, auch in ihren Verbindungen mit den darunterliegenden Gebilden. Fast alle Fasern, welche aus dem Streifenhügel und dem Putamen des Linsenkerns zum Hirnstamm ziehen, konvergieren nämlich nach Art eines Stabkranzes in der Richtung zum Globus pallidus hin und werden in den Zellen des letzteren unterbrochen.

Die aus dem Streifenhügel entspringenden Fasern verlaufen durch den vorderen Schenkel der Capsula interna und treten teils zur Lamina medullaris externa, um von hier in das zweite Glied des Globus pallidus sich einzusenken, teils direkt zu beiden medialen Gliedern des Linsenkerns. Ebenso treten aus dem Putamen Faserzüge hervor, welche durch die äussere Lamina medullaris in den Globus pallidus eindringen, wo sie sich mit den aus dem Corpus striatum kommenden Fasern vermischen.

Aus dem Gesagten erhellt, dass beide Laminae medullares des Linsenkernes zum grossen Teil durch die zum Globus pallidus tretenden Fasern des Streifenhügels und des Putamen gebildet werden. Man hat Grund zu der Annahme, dass in ihnen auch

Fasern aus dem Corpus striatum zur Haubenregion verlaufen, allein es fehlen hierüber noch genauere Angaben. Ausserdem ist es zweifellos, dass ein Teil der aus dem Globus pallidus hervorgehenden Fasern in den Laminae medullares verläuft.

Die Laminae medullares werden demnach sowohl durch Fasern gebildet, welche dem Corpus striatum und dem Putamen des Linsenkerns angehören, als auch durch solche, welche aus dem Globus pallidus in aufsteigender und absteigender Richtung hervorgehen (Fasern der Schleifenschicht und andere Verbindungen des Globus pallidus mit den Kernen des Hirnstammes).

Was die aus den Laminae medullares zur basalen Fläche des Linsenkerns tretenden Faserzüge betrifft, so wenden sie sich sogleich medianwärts und gelangen demnach unter den Globus pallidus, von welchem sich ihnen Fasern hinzugesellen. Sie bilden die sog. Linsenkernschlinge (Ansa nuclei lenticularis).

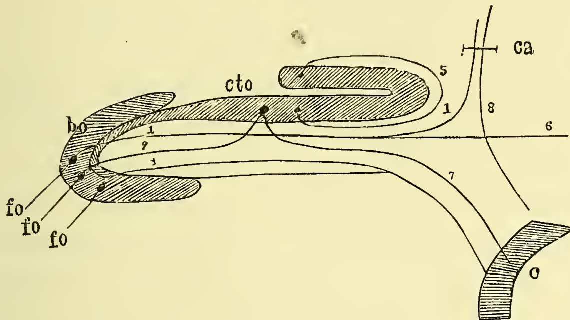
Sowohl das Corpus striatum, wie auch das Putamen des Linsenkerns stehen zweifellos nicht nur mit Kernen des Hirnstammes in Verbindung, sondern auch mit der Hirnrinde. Dass eine solche Verbindung durch die innere Kapsel bestehe, hat Meynert schon vor langer Zeit behauptet. Späterhin hat Wernicke auf Grundlage seiner Untersuchungen nachzuweisen gesucht, dass die aus der Hirnrinde in die Capsula interna eintretenden Faserzüge weder mit dem Streifenhügel, noch mit dem Putamen in Verbindung treten; wenn dagegen Fasern existieren, welche aus der inneren Kapsel in die erwähnten Gebilde sich einsenken, so durchsetzen sie letztere, ohne in zelligen Elementen unterbrochen zu werden.

Nach diesen Angaben Wernicke's musste es zweifelhaft erscheinen, ob überhaupt irgend welche Verbindungen des Corpus striatum mit der Hirnrinde existieren.

Allein durch spätere Untersuchungen ist dargethan worden, dass für beide genannte Bildungen eine solche Verbindung thatsächlich besteht, und zwar im wesentlichen durch das Gebiet der Capsula interna. Ein Teil der Fasern begiebt sich aus der Rinde

zum Putamen übrigens auch durch die äussere Kapsel; an geeigneten Präparaten kann man bisweilen sehen, wie dieses Faserbündel aus der Capsula externa in das Putamen eintritt, ja manchmal letzteres durchbohrt und zur Lamina medullaris externa sich wendet. Das Corpus striatum dagegen hängt mit der Rinde durch ein gesondertes Bündel zusammen, welches zu den motorischen Regionen der Hirnrinde, i. e. zu den Centralwindungen, hinzieht.

Schema 16.



Schematische Darstellung der Faserung der Fila olfactoria und der Bulbi olfactorii.

fo, *fo*, *fo* — Fasern der Fila olfactoria; *bo* — Bulbus olfactorius; *cto* — graue Substanz des Tractus olfactorius; *c* — Rinde des Temporallappens; *ca* — vordere Kommissur; *2* — Fasern, welche aus dem Bulbus hervortreten und in der Rinde des Tractus olfactorius endigen; *6* — Fasern, welche aus dem Bulbus kontinuierlich zu den Gehirnganglien (Thalamus opticus) ziehen; *3* und *7* — Fasern, welche Bestandteile der äusseren Wurzel des Tractus olfactorius bilden und aus dem Bulbus und Tractus olfactorius zur Rinde des Schläfenlappens verlaufen; *1* und *8* — Fasern der vorderen Kommissur, erstere (1) aus dem Bulbus olfactorius stammend; *5* — Fasern zur Verbindung des Bulbus olfactorius mit der Rinde des Stirnlappens (sog. obere Wurzel des Bulbus olfactorius).

Bianchi und D'Abundo beobachteten sogar Atrophie des Corpus striatum nach Zerstörung der motorischen Zone beim Hunde.[1])

Es erübrigt noch, diejenigen Fasern zu schildern, welche die graue Substanz des Bulbus olfactorius mit der Hirnrinde verbinden und die centrale Fortsetzung der Fila olfactoria darstellen.

---

[1]) S. Neurol. Centralbl. Orig. Mitth. 17. 1886.

Bei der äusseren Besichtigung der Bulbi olfactorii bemerkt man, dass der untere Teil des Tractus olfactorius, d. h. desjenigen Stranges, welcher den Bulbus mit der Hemisphäre verbindet, von weisser Farbe ist, d. h. aus Marksubstanz besteht. Diese letztere verläuft lateralwärts und nach hinten bis zur Spitze des Schläfenlappens und wird als laterale Olfaktoriuswurzel bezeichnet. Ausserdem unterscheidet man noch eine kleinere, zur vorderen Kommissur gehende mediale Wurzel, welche aber durch äussere Besichtigung nicht nachweisbar ist.

Beim Studium des feineren Baues des Bulbus und Tractus olfactorius können wir zunächst die Existenz von Fasern feststellen, welche aus der Rinde des Bulbus olfactorius hervorgehen und noch in der Rinde des Tractus olfactorius endigen (2, Schema 16). Andere Fasern entstehen im Bulbus und im Traktus, verlaufen nach hinten, gesellen sich zur lateralen Olfaktoriuswurzel und endigen in der Rinde des Ammonshorns (3 und 7, Schema 16). Die mediale Wurzel (1, Schema 16), welche einen Teil der Fasern der vorderen Kommissur bildet, ist beim Menschen, entsprechend der geringen Ausbildung der Bulbi olfactorii, nur äusserst schwach entwickelt. Bei Tieren dagegen, welche einen gut ausgebildeten Riechlappen besitzen, erreicht sie eine beträchtliche Grösse.

Es unterliegt ferner keinem Zweifel, dass im Olfaktoriusteil der vorderen Kommissur Fasern enthalten sind, welche zwischen beiden Bulbi olfactorii eine Kommissur bilden. Oben war auch erwähnt worden, dass nach den Angaben Obersteiner's von der zur vorderen Kommissur ziehenden Wurzel des Bulbus ein feines Faserbündel sich abzweigt, welches längs dem inneren Rande des unteren Abschnitts der inneren Kapsel zur vorderen Partie des Thalamus opticus verläuft (6, Schema 16).

Endlich giebt es Fasern, welche aus der Rinde des Tractus olfactorius zu den benachbarten Teilen des Stirnlappens ziehen. Sie werden gewöhnlich als obere Wurzel des Bulbus olfactorius beschrieben (5, Schema 16.)

Wir wenden uns nunmehr zur Schilderung der Associationsfasern der Grosshirnrinde. Dieselben zerfallen in zwei Hauptordnungen: 1. Gehirnkommissuren und 2. Associationsfasern im engeren Sinn. — Als Gehirnkommissuren bezeichnet man diejenigen Faserbündel, welche symmetrische Teile beider Hemisphären unter einander verbinden. Alle Fasern, welche verschiedene Bezirke einer Hemisphäre mit einander verknüpfen, nennt man insgesamt Associationsfasern im engeren Sinn.

Zur Kategorie der Gehirnkommissuren gehören hauptsächlich folgende zwei grosse Fasersysteme: 1. die Fasern des Corpus callosum und 2. die Fasern der vorderen Kommissur.[1])

Die Fasern des Corpus callosum bilden ein mächtiges Kommissurensystem zwischen beiden Hemisphären und gleichzeitig das Dach der Ventrikel des Grosshirns (*c. cal*, Schema 15). Sie entstehen eigentlich aus Achsencylinderfortsätzen der Pyramidenzellen der Rinde beider Hemisphären; ihre Endigung geschieht mit freien Verästelungen in der Nähe von Zellen symmetrischer Rindengebiete der ihrem Ursprung gegenüberliegenden Hemisphäre. Der Ausgangspunkt eines Teiles der Balkenfasern liegt demgemäss in der einen Hemisphäre, der Ursprung des anderen Teiles in der anderen Hemisphäre.[2])

Von der Mitte des Ventrikeldaches gehen die Balkenfasern fächerförmig nach beiden Seiten auseinander, kreuzen sich innerhalb der Hemisphären mit den aus dem Hirnstamm aufsteigenden Fasermassen, und erreichen darauf die Rinde der äusseren und oberen Hemisphärengebiete. Ein grosser Teil der Fasern, welche aus dem vorderen Ende des Balkens hervorgehen, wendet sich bogenförmig nach vorn zu den beiden Stirnlappen (Forceps anterior); die Fasern des hinteren Balkenendes beschreiben ähnliche Bogen

---

[1]) Über den Gehalt von Kommissurenfasern im Fornix ist oben bereits die Rede gewesen.

[2]) Diese Thatsachen sind neuerdings von W. A. Muratoff durch Untersuchung der sekundären Degenerationen bestätigt worden. (S. Protokolle des Vereins für Neuropathologie und Psychiatrie zu Moskau. 25. September 1892.)

auf ihrem Wege zu den hinteren Abschnitten der Hemisphären (Forceps posterior).[1] Die Faserzüge des Rostrum corporis callosi endlich streben zur basalen Fläche der Stirnwindungen, was Henle veranlasste, sie als Commissura baseos alba zu beschreiben.

Die Balkenfasern verknüpfen demnach symmetrische Teile der Rinde beider Hemisphären, mit Ausnahme der Schläfenlappen, der basalen Oberfläche der Hinterhauptlappen und der grauen Substanz der Bulbi olfactorii.[2]

Nach einigen Autoren (Hamilton u. A.) findet im Corpus callosum eine Kreuzung recht ansehnlicher Fasermassen statt, welche von der Rinde zum Bereich der Gehirnganglien ziehen. Diese Angaben haben jedoch bislang durch präcisere Untersuchungsergebnisse nicht gestützt werden können. Sogar in den Fällen von Mangel des Corpus callosum fanden sich keine Erscheinungen von Atrophie im Gebiete der inneren Kapsel; das spricht augenscheinlich gegen das Vorkommen gekreuzter Fasern im Balken (s. die Fälle von Onufrowitsch im Archiv f. Psychiatrie XVIII, 2, und von Kaufmann im Archiv f. Psychiatrie XVIII, 3 und XIX, 1).[3]

Ant. Commissure. Die vordere Kommissur (*ca*, Schema 16) dient gewissermassen zur Ergänzung des Balkens, denn sie verknüpft jene Teile der Hirnrinde, welche von den Balkenfasern unberücksichtigt bleiben. Das sind: ein beträchtlicher Teil des Schläfenlappens, die basalen Par-

---

[1]) Das sog. Tapetum gehört nach neueren Untersuchungen nicht, wie früher angenommen wurde, zum Balken, sondern ist ein Bestandteil des unterhalb des Balkens verlaufenden Längsbündels (s. unten.)

[2]) Nach Ramón y Cajal weisen die Balkenfasern, welche er bis zu den Cylinderfortsätzen der kleinen und grossen Pyramiden, resp. bis zu den Kollateralen dieser Fortsätze verfolgen konnte, auf ihrer Bahn nicht selten die Erscheinung der Bifurkation auf.

[3]) Wir möchten an dieser Stelle anführen, dass die Fasern des Corpus callosum (und wahrscheinlich auch die der vorderen Kommissur) während ihrer Entwickelung von beiden Seiten zur Mittellinie hin wachsen. Die graue Substanz, welche im Verlauf dieser Fasern vorkommt, atrophiert, und es bleibt nur der graue Belag der dorsalen und ventralen Seite des Balkens bestehen (Blumenau.)

tien des Hinterhauptlappens und endlich die Riechkolben.[1]) Beim Menschen ist der die Riechkolben verbindende Teil der vorderen Kommissur übrigens ein zartes Bündelchen; bei Tieren mit gut entwickeltem Riechläppchen erreicht er freilich beträchtlichere Dimensionen.

Was die Associationsfasern im engeren Sinne betrifft, welche wir als Verbindungsfasern verschiedener Teile derselben Hemisphäre oben definierten, so müssen wir dieselben in längere und kürzere einteilen. Jene dienen zur gegenseitigen Verknüpfung entfernter Teile derselben Hemisphäre, diese zur Verbindung zweier benachbarter Windungen oder einzelner Bezirke derselben Windung.

Von langen, entferntere Teile verknüpfenden Faserbündeln kennen wir folgende:

1) Das obere Längsbündel, Fasciculus longitudinalis superior (f. l. sup. Taf. Fig. VI) zieht durch die ganze Hemisphäre vom Hinterhauptlappen zum Stirnlappen. Wie ich durch die Untersuchung eines Falles von ausgebreiteter, mit Degeneration des oberen Längsbündels einhergehender Zerstörung des Lobus frontalis feststellen konnte, verläuft dieses Bündel entsprechend der Richtung der zweiten Stirnwindung, in den tiefen Partien der weissen Substanz, annähernd in der Mitte zwischen Dach der Seitenventrikel und Oberfläche der Hemisphären. Infolge dieses Umstandes ist es durch Präparation nicht leicht darstellbar.

2) Fasciculus longitudinalis subcallosus (fronto-occipitales Associationsbündel von Onufrowitsch und Kaufmann; Fasciculus subcallosus von Muratoff, f. sc. Taf. Fig. VI). Dieses Bündel geht hinten in das sogenannte Tapetum über und liegt mit seinem grössten Teile unmittelbar unter dem Balken; nach aussen wird es teils von Balkenfasern, teils von Stabkranzfasern, nach unten vom Ventrikelependym begrenzt. Gleich dem vorigen setzt auch dieses

[1]) Degeneration der Fasern der vorderen Kommissur im Gefolge von Erweichung des Gyrus lingualis ist in letzter Zeit von N. M. Popow (aus dem Laboratorium P. Flechsigs) mitgeteilt worden. Neurol. Centralbl. 22. 1886.

Bündel die Frontallappen mit den Occipitallappen in Verbindung. Auf Querschnitten ist es leicht nachweisbar, besonders durch die entwickelungsgeschichtliche Untersuchungsmethode, da die es zusammensetzenden Fasern später markhaltig werden, als die Faserzüge der benachbarten weissen Substanz und des Balkens. Dank dieser Eigentümlichkeiten des genannten Bündels habe ich letzteres schon vor langer Zeit und ganz unabhängig von den genannten Autoren erkannt.

3) Das untere Längsbündel, Fasciculus longitudinalis inferior (f. l. inf. Taf. Fig. VI) verläuft an der lateralen Seite des Hinterhornes und entlang der Wand des Unterhornes. An geeigneten, seiner Verlaufsrichtung entsprechend angelegten Durchschnitten ist dieses Bündel leicht wahrzunehmen; es verknüpft das occipitale Gebiet der Hemisphäre mit der Spitze des Schläfenlappens.

4) Das Hakenbündel, Fasciculus uncinatus (f. unc. Taf. Fig. VI) beginnt in den lateralen Abschnitten des Stirnlappens im Bereiche der dritten Stirnwindung und zieht um die Insel durch das Claustrum und die Capsula externa zum Schläfenlappen. Dieses auf seiner Bahn durch die Elemente des Claustrum unterbrochene Faserbündel ist offenbar bestimmt, die um die Insula Reilii herum gelegenen Windungen, insbesondere den Gyrus frontalis tertius, mit den Schläfenwindungen in Verbindung zu setzen.

5) Das Bündel des Gyrus fornicatus, Cingulum (cing. Taf. Fig. VI) beginnt im Gebiete der Substantia perforata anterior, verläuft unter der ganzen Ausdehnung des Gyrus fornicatus und wendet sich entlang dem Subiculum cornu Ammonis zur Spitze des letzteren. Nach neueren Untersuchungen von Beevor besteht der horizontale Abschnitt des Cingulum aus kürzeren Fasern, welche aus dem Gyrus fornicatus zum Centrum semiovale sich begeben. Sein vorderer Teil verbindet den Anfang des Bulbus olfactorius mit dem Stirnlappen, während die Fasern des hinteren Teiles des Cingulum den Gyrus hippocampi mit der ventralen Oberfläche des Schläfenlappens verknüpfen.

Endlich 6) das senkrechte Bündel, Fasciculus verticalis (Wernicke), zieht vom oberen Abschnitt des unteren Parietalläppchens senkrecht nach unten zum Gyrus fusiformis (f. vert. Taf. Fig. VI).

Zum Associationsfasersystem gehört zweifellos auch das, von Broca zuerst beschriebene Faserbündel, welches von der Spitze des Ammonshornes durch die Substantia perforata anterior nach vorn und innen zum unteren Ende des Gyrus fornicatus hinzieht. Dasselbe ist in seltenen Fällen bei äusserer Besichtigung der Gehirnbasis schon makroskopisch wahrnehmbar.

Zu den kurzen Associationsfasern zählt man gewöhnlich die sogenannten Fibrae arcuatae propriae Meynert, welche je zwei benachbarte Windungen in gegenseitige Verbindung setzen. Sie liegen unmittelbar unter der Rinde, zum Teil aber auch in der Rinde selbst, und zwar in deren tieferen Bezirken (f. p. Taf. Fig. VI). Grösstenteils quer zur Längsachse der Gyri verlaufen sie in Gestalt bogenförmiger Faserbündel unter den Sulci von einer Windung zur anderen. Auf der Bahn dieser Faserzüge finden sich in der Regel spindelförmige, den tiefen Rindengebieten angehörende zellige Elemente eingelagert.

Aber auch in den anderen Schichten der Hirnrinde sind zahlreiche Faserzüge anzutreffen, welche das Rindengrau in querer und schräger Richtung durchsetzen. Beträchtliche Bündel markhaltiger Fasern finden sich insbesondere innerhalb der ersten Schicht der Rinde, wo sie sich mehr in den äusseren Teilen anhäufen und als Tangentialschicht bezeichnet werden. Diese Faserbündel, welche sich im wesentlichen aus Zellen der oberen Schicht, zum Teil aber aus solchen tieferer Abschnitte der Rinde herleiten, haben zweifellos die Bedeutung von Associationsfasern.

Ausserdem habe ich als äusseres Associationssystem eine besondere Faserschicht beschrieben, welche in den tiefsten Abschnitten der ersten und an der Grenze der zweiten Rindenschicht gelegen ist. Dieselbe ist übrigens nur in einigen Gebieten der Hirnrinde, z. B. an der inneren Seite des Occipitallappens, gut ausgebildet.

Zu besonderer Mächtigkeit gelangt sie innerhalb des Subiculum cornu Ammonis und im Ammonshorn selbst; hier bildet das äussere Associationssystem eine ansehnliche Lage markhaltiger Fasern in den tiefen Abschnitten der feinkörnigen Schicht.

Es ist hier noch zu bemerken, dass die in der äussersten Partie der ersten Rindenschicht eingelagerten Fasern im wesentlichen quer oder schräg zur Längsachse der Windungen verlaufen; dagegen sind die obigen, an der Grenze der ersten und zweiten Schicht angehäuften Faserzüge im Hauptsächlichen parallel zum Längsdurchmesser der Gyri gerichtet. Wir können daraus schliessen, dass jene gewissermassen zur Ergänzung der in der Rinde hinziehenden, je zwei Windungen verknüpfenden Bogenfasern bestimmt sind, während diese dazu dienen, verschiedene, nicht selten recht entlegene Bezirke eines und desselben Gyrus in gegenseitige Verbindung zu setzen.

Aber nicht allein in der äusseren Schicht der Hirnrinde sind Associationsfasern enthalten. Vielmehr ist durch die Untersuchungen von Kaes und mir festgestellt worden, dass, abgesehen von den Fibrae propriae Meynerts und den Associationsfasern der äusseren Rindenschicht solche Faserzüge auch in anderen Teilen der grauen Rindensubstanz vorkommen, wie z. B. im Bereich der kleinen und grossen Pyramidenzellen und in den Nachbargebieten der weissen Markmasse. Die ersteren können als intermediäre Associationsfaserlage zusammengefasst werden, die letzteren als äussere Bogenfasern Meynerts (Fibrae propriae externae) von den tieferen oder inneren Meynertschen Bogenfasern unterschieden werden.

In natürlichem Anschluss an die Darstellung der Associationssysteme müssen wir hier der näheren Beziehungen gedenken, welche einerseits zwischen den zelligen Elementen der Rinde untereinander, andererseits zwischen diesen und den geschilderten, zur gegenseitigen Verbindung entlegener Zellen der Hirnrinde bestimmten Associationsfasern bestehen.

Zunächst ist darauf hinzuweisen, dass die Zellen der Hirnrinde voneinander ganz unabhängig sind und miteinander nirgends in

kontinuierlichem anatomischem Zusammenhang stehen. Funktionelle Wechselbeziehungen zwischen den Zellen werden dagegen vermittelt:

1) Durch den Kontakt der Protoplasmafortsätze zunächstgelegener Pyramidenzellen, wie dies auch bezüglich der multipolaren Zellen der Vorderhörner des Rückenmarkes feststeht; 2) durch den Kontakt der Kollateralen zelliger Achsencylinderfortsätze, welche in grösserer oder geringerer Entfernung in Geflechte feinster Nervenfibrillen sich einsenken; endlich 3) durch den Kontakt der Endverästelungen von Nervenfasern und Kollateralen der Achsencylinderfortsätze mit Protoplasmafortsätzen.

Was die Associationsfasern anlangt, so entspringen sie hauptsächlich aus Achsencylinderfortsätzen und deren Kollateralen und endigen mit ihren Ramifikationen frei in der Nähe von Zellen anderer Rindengebiete. Vielleicht entstehen sie auch aus den feinsten Fibrillen, aus welchen das nervöse Fasergeflecht der Rinde sich zusammensetzt; jedoch harrt diese Ansicht noch der weiteren Bestätigung.[1])

Aus dem Gesagten geht hervor, dass eine und dieselbe Zelle der Grosshirnrinde, analog den Zellen anderer grauer Formationen, in den mannigfaltigsten Wechselbeziehungen stehen kann sowohl mit Zellen anderer Rindengebiete, als auch mit solchen verschiedener entlegener grauer Nester. Wir gewinnen dadurch die Überzeugung, dass die Gehirnzelle keine eigene specifische Funktion besitzt und demgemäss nicht bestimmt ist, irgend eine einzige, ihr zuerteilte Aufgabe zu verwirklichen. Die Natur ihrer Erregung hängt nicht von ihr selbst, von der Eigenart ihrer Struktur ab, son-

---

[1]) Die neuerdings von Monakow (Arch. des sciences physiques et naturelles. XX, III. 1888) geäusserte Annahme, derzufolge die kleinen Zellen der Rinde zum Ursprung von Associationsfasern, die grossen — von Leitungsfasern dienen, erscheint uns wenig wahrscheinlich, zumal dieselbe unvereinbar ist mit den Ergebnissen, welche wir durch die Behandlung von Rindenpräparaten nach der Methode von Golgi gewinnen.

dern vielmehr von der Art ihrer Wechselbeziehungen mit den Endapparaten der Empfindung oder Bewegung.

Zum Schluss sei hier noch ein kurzer Rückblick auf die wichtigsten Leitungsbahnen im Centralnervensystem gestattet.

Alle im Vorstehenden geschilderten Fasersysteme können nach Massgabe dessen, ob sie sich peripheriewärts zu sensiblen oder motorischen Nerven gesellen, insgesamt in aufsteigende und absteigende getrennt werden.

Centripetal Leit.

Von den aufsteigenden Systemen, welche die Erregung von der Peripherie zur Grosshirnrinde fortleiten, sind folgende die wichtigsten:

1) Hintere Wurzeln; Gollsche Stränge und Kerne der zarten Stränge; hintere oder obere Kreuzung der Oblongata; medialer Abschnitt der Hauptschleife; Rinde der hinteren Centralwindung und des Parietallappens.

2) Hintere Wurzeln; Burdachsche Stränge und Kerne der Keilstränge; hintere oder obere Kreuzung; lateraler Abschnitt der Hauptschleife; Rinde der hinteren Centralwindung und der parietalen Gebiete des Grosshirns.

3) Hintere Wurzeln; Kreuzung in der hinteren Kommissur des Rückenmarkes(?); mediales oder inneres Bündel des Seitenstranges; lateraler Bezirk der Formatio reticularis; Rinde der parietalen Gebiete des Grosshirns(?).

4) Hintere Wurzeln; (Kreuzung in der vorderen Kommissur?); antero-laterales Seitenstrangbündel; lateraler Abschnitt der Formatio reticularis; Rinde des parietalen Bereiches des Grosshirns(?).

5) Hintere Wurzeln; Kreuzung in der vorderen Kommissur des Rückenmarkes; aufsteigende Faserzüge im vorderen und seitlichen Grundbündel; Fortsetzung in der Schleifenschicht; Rinde der Parietalwindungen.

6) Hintere Wurzeln; Kleinhirnseitenstrangbündel und Oberwurm des Kleinhirns; vorderer Kleinhirnschenkel; Kreuzung des

letzteren unter den Vierhügeln; Rinde der parietalen Gebiete des Grosshirns.

7) Nervus trigeminus; dessen sensible Kerne im verlängerten Mark; Kreuzung der aus den letzteren entspringenden Fasern in der Raphe; zerstreute accessorische Bündel der Schleifenschicht; Rinde der parietalen Gebiete des Grosshirns.

8) Nervus glossopharyngeus und dessen sensitive Kerne im verlängerten Mark; Kreuzung der aus diesen Kernen hervorgehenden Fasern in der Raphe der Medulla oblongata; zerstreute accessorische Bündel der Schleifenschicht; Rinde der parietalen Grosshirngebiete.

9) Sensible Vagusfasern; deren Kerne in der Oblongata; partielle Kreuzung der aus diesen Kernen entstehenden Fasern in der Raphe des verlängerten Markes; zerstreute accessorische Bündel der Schleifenschicht; Grosshirnrinde (Centralwindungen und zum Teil Parietalwindungen).

10) Ramus cochlearis acustici; dessen Kerne im verlängerten Marke (vorderer Kern und Tuberculum acusticum); Kreuzung der aus diesen Kernen entspringenden Fasern in der Raphe und im Corpus trapezoides; laterale Schleife; hinteres Brachium; Faserbündel aus dem Corpus geniculatum mediale zu den Hemisphären des Grosshirns; Rinde des Temporallappens.

11) Ramus vestibularis acustici; von mir beschriebener Kern des Nervus vestibularis und Deitersscher Kern (?); Faserbündel des medialen Abschnittes des hinteren Kleinhirnschenkels; Fasern des vorderen Kleinhirnschenkels; deren Kreuzung unter den Vierhügeln; Rinde des parietalen Bereiches des Grosshirns.

12) Nervus opticus; partielle Kreuzung seiner Fasern im Chiasma; Faserzüge des Tractus opticus; Faserbündel aus den primären Optikuskernen (dem Corpus geniculatum laterale und dem vorderen Vierhügel) zu den Grosshirnhemisphären; Rinde des Occipitallappens beider Hemisphären.

13) Riechzellen und Nerven der Schneiderschen Membran; Bulbus olfactorius; Rinde der Spitze des Temporallappens.

Ausserdem besitzen beide Hinterstrangbündel, sowie das anterolaterale Seitenstrangbündel eine kollaterale Verbindung mit der Grosshirnrinde durch den hinteren und den vorderen Kleinhirnschenkel.

Was die centrifugalen Systeme betrifft, welche die Rinde mit der Körperperipherie in Verbindung setzen, so können wir nach Massgabe der Richtung der Faserdegenerationen, sowie ihrer Verbindung mit den vorderen Wurzeln und den motorischen Kernen des Hirnstammes, folgende namhaft machen:

1) Centralwindungen der Grosshirnrinde; Pyramidenbündel; deren partielle Kreuzung in der Oblongata; Pyramidenvorderstrang- und Pyramidenseitenstrangbündel des Rückenmarkes; vordere Wurzeln beider Seiten.

2) Rinde der hinteren Abschnitte der Stirnwindungen und des unteren Bereiches der Centralwindungen; mediales accessorisches Bündel der Schleifenschicht; dessen Kreuzung in der Raphe; motorische Nerven der Oblongata (Hypoglossus, Facialis u. s. w.).

3) Ein ähnliches, anatomisch noch nicht genauer erforschtes Fasersystem setzt die Grosshirnrinde mit den für die Augenbewegungen bestimmten Nerven in Verbindung.

4) Rinde der vorderen Teile der Grosshirnhemisphäre und der Inselwindungen; mediales Brückensystem; weitere Verbindungen der grauen Massen des vorderen Abschnittes des Pons durch Kleinhirn.

5) Rinde der hinteren Gebiete und der Temporallappen der Hemisphäre; laterales Brückensystem; weitere Verbindungen der grauen Substanz des vorderen Brückenabschnittes durch Kleinhirn.

6) Rinde der äusseren Oberfläche der Hemisphären (Stirnlappen, Central-, Parietal- und Temporalwindungen); Stabkranz des Thalamus opticus; Fasern der Formatio reticularis; Vicq d'Azyrsches Bündel und Haubenbündel von Gudden; partielle Kreuzung in der Raphe; Vorder-Seitenstranggrundbündel des Rückenmarkes; vordere Wurzeln.

7) Rinde der parietalen (?) Grosshirngebiete; Kreuzung der Fasern im dorsalen Abschnitte der hinteren Kommissur; Fasern der Formatio reticularis; deren weitere Fortsetzung im Rückenmark.

8) Rinde des Ammonshornes; Fasern des Fornix; Pedunculus corporis mamillaris; dessen weitere absteigende Fortsetzungen.

9) Rinde der Grosshirnhemisphären; Verbindungsbündel der Rinde mit den Grosshirnganglien (Nucleus caudatus und Putamen nuclei lentiformis); Faserbündel des medialen Abschnittes der Basis pedunculi cerebri; deren weitere absteigende Fortsetzung.

Ausser den genannten Leitungsbahnen giebt es noch zwei Systeme centraler Bahnen, welche durch das Kleinhirn hindurchgehen. Das eine verläuft im vorderen Kleinhirnschenkel und setzt sich wahrscheinlich in einem der Bündel des hinteren oder mittleren Kleinhirnschenkels zur Formatio reticularis fort. Das andere System erstreckt sich im centralen Haubenbündel, in den von den unteren Oliven zum Kleinhirn ziehenden Fasern, welch letzteres seinerseits (durch seinen mittleren Schenkel) Verbindungen mit der Formatio reticularis besitzt und dadurch mit den vorderen Seitenstranggrundbündeln und mit den vorderen Rückenmarkwurzeln zusammenhängt. — Die Verbindungen der genannten Systeme mit der Grosshirnrinde sind bislang nicht erforscht.

Es muss noch hervorgehoben werden, dass neben den geschilderten Systemen im Centralnervensystem zahlreiche Faserbündel oder Fasersysteme vorkommen, welche nicht zur Übertragung von Reizen aus der Peripherie zur Rinde oder umgekehrt dienen, sondern deren Aufgabe darin besteht, Erregungen von einer Leitungsbahn auf eine andere fortzupflanzen. Letzteres wird dadurch ermöglicht, dass die Leitungsbahnen nicht kontinuierlich von der Peripherie zur Rinde und umgekehrt verlaufen, sondern auf ihrem Wege in Anhäufungen grauer Substanz unterbrochen werden, welche ihrerseits durch Associationsfasern mit anderen grauen Nestern zusammenhängen.

Associationsfasern finden sich reichlich in sämtlichen Teilen des Centralnervensystems. Im Rückenmark spielen z. B. die Fasern der

hinteren Kommissur, welche die Zellen beider Hinterhörner in gegenseitige Verbindung setzen, die Rolle von Associationssystemen oder -bündeln. In der Oblongata sind es die Associationsfasern zwischen den sensiblen Gehirnnerven; ferner zahlreiche Fasern und Faserbündel, welche die grauen Kerne des Hirnstammes und die verschiedenen Bezirke der grauen Substanz des Kleinhirns untereinander verknüpfen. Im Grosshirn endlich giebt es, wie wir sahen, ein mächtiges System von Associationsfasern und -faserbündeln, welche den anatomischen und gleichzeitig funktionellen Zusammenhang verschiedener Teile der Hemisphären bedingen.

Erklärung der Tafel.

Schematische Darstellung von Durchschnitten des Rückenmarkes, der Oblongata und des Gehirns mit Angabe des Verlaufes der wichtigsten Leitungsbahnen.

Fig. I. Querschnitt des Rückenmarkes. Die rechte Hälfte entspricht dem oberen Teil der Lendenanschwellung, die linke dem unteren Teil der Halsanschwellung.

a— vordere, *p'*— hintere mediale, *p''*— hintere laterale Wurzeln; *kl*—Clarkesche Säulen; *s*—laterales Wurzelgebiet oder Randzone.

Rot sind gezeichnet: *2''*—vorderes Gebiet der Burdachschen Stränge; *2'*—mittleres, und *2*—peripheres oder dorso-laterales Gebiet der Burdachschen Stränge; *5*—mediale (innere) Bündel der Seitenstränge; *6*—vordere-äussere (antero-laterale) Bündel der Seitenstränge.

Gelb: 1—Gollsche Stränge.

Lila: 3—Direkte Kleinhirnseitenstränge.

Blau: *4'*—ungekreuzte Pyramidenvorderstränge, und *4*—gekreuzte Pyramidenseitenstränge.

Grün: 8—Grundbündel der Seitenstränge; *7*—Seitenstrangfasern, welche längs der lateralen Fläche der Oblongata bis zur Höhe der oberen Oliven emporsteigen; *9*—Grundbündel des Vorderstranges.

Schwarz gezeichnet sind die Konturen der grauen Substanz, die Wurzeln und deren Fortsetzungen innerhalb der grauen Substanz des Rückenmarkes.

Fig. II. Querschnitt des verlängerten Markes, *rechts* — dem Austritt des oberen Teiles des Hypoglossus und des Vagus, *links* — dem Austritt des Glossopharyngeus entsprechend.

nfg — oberer Teil des nucleus funiculi gracilis; *nfc* — oberer Teil des nucleus funiculi cuneati; *sg* — Substantia gelatinosa des Nervus trigeminus; *nla, nlp* — Seitenstrangkerne; *oi* — untere Oliven; *ois* — Nebenoliven; *nci* — Nucleus centralis inferior; *nrp* — Nucleus funiculi anterioris (nucleus respiratorius); *V*, *VIII*, *IX, X, XII*— Kerne und Wurzeln der entsprechenden Nervenpaare; *IX und X*— fasciculus solitarius oder aufsteigende Wurzel des Glossopharyngeus und Vagus.

Rot sind gezeichnet: *2*—Fasern des Keilstranges; *2'''*—Fasern aus dem Kern des Keilstranges zum Corpus restiforme; *6*—Fasern des Fasciculus antero-lateralis der Seitenstränge; *17* — Gebiet der spät angelegten zerstreuten Fasern des äusseren Feldes der Formatio reticularis medullae oblongatae et pontis; *13* — Fasern der Olivenzwischenschicht, aus den Kernen der Keilstränge hervorgehend; *14*—Fasern aus dem Kern des Keilstranges zum Nucleus centralis inferior; *34*—Fasern des Corpus restiforme, aus den Seitenstrangkernen hervorgehend.

Gelb: 1—Zarte Stränge; *11*—Fasern des Corpus restiforme, welche aus dem anderseitigen Kern der zarten Stränge stammen; *11'* — Fasern des Corpus restiforme aus dem gleichseitigen Kern der zarten Stränge; *10* — Fasern der Olivenzwischenschicht, aus dem Kern der zarten Stränge stammend.

Lila: 3—Fasern des direkten Kleinhirnseitenstranges (innerhalb des Corpus restiforme); *36*—Fasern aus den unteren Oliven zum Kleinhirn; *35*—Fasern der centralen Haubenbahn.

Blau: 4—Pyramidenbündel.

Grün: 9—Fortsetzung des Grundbündels der Vorderstränge zur Formatio reticularis; *8* — Fortsetzung des Grundbündels der Seitenstränge zur Formatio reticularis; *8'*—Fasern aus dem Gebiet des Deitersschen Kerns; 7—Seitenstrangfasern, welche längs der

lateralen Fläche des verlängerten Markes emporsteigen (aberrierendes oder peripheres Bündel der Medulla oblongata).

Schwarz: Conturen der grauen Substanz und Wurzeln von Hirnnerven.

Fig. III. Querschnitt durch Hirnstamm und Kleinhirn im Niveau des Pons Varoli. *Rechts*—unterer Teil der Brücke in der Höhe des Akustikus; *links*—mittlerer Teil der Brücke in der Höhe des Abducens und Facialis.

v—Vermis superior des Kleinhirnes; *nt*—Dachkern des Kleinhirnes; *ng*—Kugelkern; *cd*—Corpus dentatum; *nD*—Deitersscher Kern; *sg*—Substantia gelatinosa nervi trigemini; *os*—obere Oliven; *nrt*—Nucleus reticularis tegmenti; *ntr*—Kern des Corpus trapezoides; *np*—Graue Substanz der Brücke; *V*—aufsteigende Wurzel des Trigeminus; *VI, VII, VIII*—Wurzeln und Kerne der entsprechenden Nervenpaare (von den Wurzeln des Akustikus ist links nur die vordere; rechts die vordere, mehr nach innen gelegene, und ein Teil der hinteren, mehr nach aussen gelegenen Wurzeln dargestellt).

Rot sind gezeichnet: *13*—Fasern der Hauptschleife aus den Kernen der Keilstränge (Fortsetzung des entsprechenden Teiles der Olivenzwischenschicht (s. Taf. Fig. II.); *10'*—zerstreute Bündel der Hauptschleife; *17*—Gebiet der spät angelegten zerstreuten Fasern des äusseren Feldes der Formatio reticularis; *18*—Fasern des Corpus trapezoides, welche aus dem vorderen Kern des Akustikus zur oberen Olive der entsprechenden Seite ziehen; *19*—Fasern des Corpus trapezoides aus dem vorderen Akustikuskern zur anderseitigen oberen Olive und zur dorsalen Schicht der letzteren, welche sich in das Gebiet der lateralen Schleife fortsetzt; *2'''*—Fasern des Corpus restiforme aus den Kernen der Keilstränge; *34*—Fasern des Corpus restiforme aus den Kernen der Seitenstränge.

Gelb: *10*—Fasern der Hauptschleife aus den Kernen der zarten Stränge (Fortsetzung der entsprechenden Partie der Olivenzwischenschicht s. Taf. Fig. II.); *11*—Fasern des Corpus restiforme aus den

Kernen der zarten Stränge; *41*—Fasern aus dem Kern des Ramus vestibularis nervi acustici (seiner vorderen Wurzel) zum Kleinhirn.

Lila: 35—Fasern der centralen Haubenbahn; *3*—Fasern des direkten Kleinhirnseitenstranges innerhalb des Corpus restiforme; *36*—Fasern der unteren Oliven zum Kleinhirn; *38*—Fasern des spinalen Bündels des mittleren Kleinhirnstieles; *21*—Fasern, welche die oberen Oliven mit den Dachkernen verbinden; *45*, *39, 42*—einzelne Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels; *37*—Fasern aus dem Corpus dentatum zur Rinde des Kleinhirnes; *44*—Fasern aus dem Dachkern zur Rinde des Wurmes; *43*—Fasern aus dem Nucleus globosus und emboliformis zur Rinde des Kleinhirnes.

Blau: 4—Pyramidenbündel; *40*—Fasern des cerebralen Bündels des mittleren Kleinhirnschenkels.

Grün: 9'''—hinteres Längsbündel und überhaupt die Fortsetzung des Grundbündels der Vorderstränge des Rückenmarkes; *8*—Fortsetzung des Grundbündels der Seitenstränge des Rückenmarkes; *8'*—Fasern aus der Gegend des Deitersschen Kernes; *7*—Fasern der Seitenstränge, welche an der lateralen Fläche der Medulla oblongata aufwärts ziehen; *20*—Fasern, welche die oberen Oliven mit dem Kern des Abducens verbinden.

Schwarz gezeichnet sind, ausser den Konturen der grauen Substanz, die Wurzeln von Hirnnerven.

Fig. IV. Querschnitt durch die untere Hälfte der Varolsbrücke. Die linke Hälfte der Abbildung bezieht sich auf den oberen, die rechte auf den unteren Bereich der Brücke.

os—obere Oliven; *ncs*—oberer centraler Kern (nucleus centralis superior); *nrt*—Nucleus reticularis tegmenti; *nl*—Kern der lateralen Schleife; *np*—graue Massen der Brücke; *V, V'*—Wurzeln des Quintus.

Rot sind gezeichnet: *13*—Fasern der Hauptschleife aus den Keilsträngen; *10'*—zerstreute Bündel der Hauptschleife; *17*—Gebiet der spät angelegten zerstreuten Fasern des äusseren Feldes der

Formatio reticularis medullae oblongatae et pontis; *19*—Fasern der lateralen Schleife.

Gelb: *10*—Fasern der Hauptschleife aus den Kernen der zarten Stränge; *22*—Fasern aus dem Bereich des hinteren Vierhügels zum nucleus reticularis und zum Pons.

Lila: *35*—Fasern der centralen Haubenbahn; *24*—Fasern, welche innerhalb der Raphe aus den grauen Massen der Brücke zu den Kernen der Formatio reticularis hinaufziehen; *38*—Fasern des spinalen Bündels des mittleren Kleinhirnschenkels; *45, 39, 42*—einzelne Bündel des vorderen Kleinhirnschenkels.

Blau: *4*—Fasern des Pyramidenbündels; *26*—Fasern des medialen accessorischen Bündels der Schleifenschicht (aus motorischen Hirnnervenkernen); *40*—Fasern des cerebralen Bündels des mittleren Kleinhirnschenkels; *50*—Fasern, welche die graue Substanz der Brücke mit der Rinde des vorderen Bereichs der Grosshirnhemisphären verbinden; *51*—Fasern, welche die graue Substanz der Brücke mit der Rinde der hinteren Gebiete und des Temporallappens der Hemisphäre verknüpfen.

Grün: *9'''*—hinteres Längsbündel (Fortsetzung des Vorderstranggrundbündels); *8*—Fasern, die Fortsetzung des Seitenstranggrundbündels darstellend; *46*—Kommissurenbündel, ventralwärts vom vorderen Kleinhirnschenkel liegend.

Fig. V. Querschnitt durch den Hirnstamm in der Ebene der Pedunculi cerebri. Die rechte Hälfte bezieht sich auf die Gegend des hinteren Vierhügels, die linke auf die des vorderen Vierhügels.

cqi—hinterer oder unterer Vierhügel; *cqs*—vorderer oder oberer Vierhügel; *nll*—Corpus parabigeminum; *ni*—Nucleus innominatus; *nr*—roter Kern; *sn*—Substantia nigra; *cc*—Corpus candicans s. mamillare; *cgi*—Corpus geniculatum internum; *nIII*—Kern der hinteren Komissur oder oberer Okulomotoriuskern; *III, IV*—Wurzeln und Kerne der entsprechenden Nervenpaare.

Rot sind gezeichnet: *19*—Fasern der lateralen Schleife, welche in den hinteren Vierhügel eintreten; *29*—Fasern des hinteren Brachium, aus dem hinteren Vierhügel der gleichen und der entgegengesetzten Seite; *13*—Fasern der Hauptschleife aus dem Kern des Keilstranges; *13'*—Fasern der Hauptschleife, welche zum Vierhügelgebiet sich begeben; *10'*—zerstreute Bündel der Schleifenschicht, welche in den Grosshirnschenkel übergehen; *17*—Gebiet der spät angelegten zerstreuten Fasern der Formatio reticularis medullae oblongatae et pontis.

Gelb: 10—Fasern der Hauptschleife aus dem Kern des zarten Stranges; *28*—Fasern aus dem Kern des hinteren Vierhügels zum Thalamus opticus (sog. obere Schleife); *56*—Fasern aus dem vorderen Vierhügel zur Rinde der Hemisphäre.

Lila: *39*, *42, 45*—Fasern des vorderen Kleinhirnschenkels vor ihrem Eintritt in den roten Kern; *47, 48*—Fasern aus dem roten Kern zum nucleus lenticularis, zum Thalamus und zur Rinde der Hemisphären; *35*—Fasern der centralen Haubenbahn.

Grün: 9—hinteres Längsbündel; *31*—Fasern des dorsalen Gebietes der hinteren Kommissur; *31'*—Fasern des ventralen Abschnittes der hinteren Kommissur; *27*—Meynertsches Bündel oder Fasciculus retroflexus; *32*—Vicq d'Azyrsches Bündel; *25'*—Pedunculus corporis mamillaris; *58*—Fasern aus der grauen Substanz des vorderen Vierhügels zum Gebiet des anderseitigen roten Kernes.

Blau: 4—Pyramidenbündel; *50*—Fasern zur Verbindung der grauen Substanz der Brücke mit den Stirnlappen der Hemisphären; *51*—Fasern zur Verbindung der grauen Substanz der Brücke mit den hinteren Gebieten und Temporallappen der Gehirnrinde; *26*—Fasern des accessorischen Bündels der Schleifenschicht; *26'*—Fasern zur Verbindung der Substantia nigra mit den Grosshirnhemisphären.

Schwarz: Konturen der grauen Substanz; Wurzeln des III. und IV. Nervenpaares.

Fig. VI. Gehirn und ein Teil des Rückenmarkes im Profil. *cs* — corpus striatum; *th* — Thalamus opticus; *gp* — globus pallidus; *npe* — äusserer Kern des Thalamus; *na* — vorderer Kern des Thalamus; *cge* — Corpus geniculatum externum; *cgi* — Corpus geniculatum internum; *sgc* — graue Substanz des III. Ventrikels; *nh* — Nucleus habenulae; *cL* — Luysscher Kern oder Corpus subthalamicum; *cc* — Corpus candicans s. mamillare; *ni* — nucleus innominatus; *gi* — Ganglion interpedunculare (Gudden); *sn* — Substantia nigra; *nr* — roter Kern; *nll* — Nucleus lemnisci lateralis s. corpus parabigeminum; *cqs* — Corpus quadrigeminum superius; *cqi* — Corpus quadrigeminum inferius; *gpn* — Glandula pinealis; *ncs* — Nucleus centralis superior; *np* — graue Substanz der Brücke; *nrt* — Nucleus reticularis tegmenti; *os* — obere Oliven; *nl* — Kern der lateralen Schleife; *nci* — Nucleus centralis inferior; *nrp* — Nucleus funiculi anterioris s. respiratorius (von N. Misslawsky); *oi* — untere Olive; *nD* — Deitersscher Kern; *nt* — Dachkern; *em* — Embolus; *cd* — Corpus dentatum; *nla*, *nlp* — Seitenstrangkerne; *nfg* — Nucleus funiculi gracilis; *nfc* — Nucleus funiculi cuneati; *III, IV, VI, VII, VIII* — Kerne der entsprechenden Gehirnnervenpaare.

Rot: *2* — hintere laterale oder Keilstränge; *5* — mediales (inneres) Bündel des Seitenstranges; *6* — antero-laterales Bündel des Seitenstranges; *2'''* — Fasern aus den Kernen der Keilstränge zum Kleinhirn; *34* — Fasern aus den Seitenstrangkernen zum Kleinhirn; *17* — Gebiet der spät angelegten zerstreuten Fasern des äusseren Feldes der Formatio reticularis medullae oblongatae et pontis; *14* — Fasern aus den Kernen der Keilstränge zum Nucleus centralis inferior (durch die hintere Kreuzung); *13* — Fasern der Hauptschleife aus den Kernen der Keilstränge; *13', 13''* — Fasern der Hauptschleife zum Gebiet des Vierhügels und des Corpus subthalamicum; *10'* — zerstreute Bündel der Hauptschleife (aus sensiblen Kernen von Hirnnerven?); *15* — Fasern zur Verbindung des Corpus subthalamicum mit dem Globus pallidus; *18* — Fasern des Corpus trapezoides, welche aus dem vorderen Kern des Akustikus zur oberen Olive und zur lateralen Schleife ziehen; *19* — Fasern der lateralen Schleife;

29—Fasern des hinteren Brachium; *29'*—Fasern aus dem Corpus geniculatum internum zur Rinde des Temporallappens; *16*—Fasern aus dem Globus pallidus zur Rinde der Hemisphären.

Gelb: 1—hintere mediale oder zarte Stränge; *11*—Fasern aus den Kernen der zarten Stränge zum Kleinhirn; *10*—Fasern der Schleife aus den Kernen der zarten Stränge; *10''*—Fasern der Schleifenschicht zum nucleus reticularis tegmenti; *41*—Fasern aus dem Kern des n. vestibularis und dem Deitersschen Kern(?) zum Kleinhirn; *22*—Fasern zur Verbindung des hinteren Vierhügels mit dem Nucleus reticularis tegmenti; *28*—Fasern aus dem Kern des hinteren Vierhügels zum Thalamus opticus (sog. obere Schleife); *30*—Fasern zur Verbindung des vorderen Vierhügels mit dem Corpus geniculatum externum; *56*—Fasern aus dem vorderen Vierhügel und dem lateralen Kniehöcker zur Rinde der Hemisphäre.

Lila: 3—Kleinhirnseitenstrangbündel; *35*—centrale Haubenbahn; *36*—Fasern zur Verbindung der unteren Oliven mit dem Kleinhirn; *37*—Fasern zur Verbindung der Corpora dentata des Kleinhirnes mit der Rinde des letzteren; *39, 42, 45*—Faserbündel, welche in den vorderen Kleinhirnschenkel eintreten; *43, 44*—Fasern zur Verbindung der centralen Kerne des Kleinhirnes mit der Rinde des letzteren; *38*—cerebrales Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels; *24*—Fasern, welche aus der Brücke durch die Raphe zur Formatio reticularis und zum Nucleus reticularis tegmenti sich begeben; *21*—Fasern zur Verbindung des Dachkernes mit den oberen Oliven; *47, 48*—Fasern aus dem roten Kern zum Nucleus lenticularis, zum Thalamus opticus und zur Rinde der Hemisphären.

Grün: 8—Fasern des Grundbündels der Seiten- und Vorderstränge des Rückenmarkes, welche sich in die Formatio reticularis fortsetzen; *7*—Fasern der Seitenstränge, welche an der lateralen Fläche der Oblongata aufwärts ziehen; *8'*—Fasern aus dem Grundbündel der Seitenstränge zum Deitersschen Kern; *9*—Fasern des Grundbündels der Vorderstränge; *9', 9''*—Fasern des Grundbündels der Vorderstränge, welche zum Nucleus reticularis tegmenti und

zum Nucleus centralis superior sich abzweigen: *9'''*—Fasern des hinteren Längsbündels, welche zur Fortsetzung des Grundbündels der Vorderstränge dienen; *15'*—centrale Fortsetzung des aberrierenden Bündels der Oblongata; *20*—Fasern aus den oberen Oliven zum Abducenskern; *46*—Kommissurenbündel an der ventralen Seite des vorderen Kleinhirnschenkels; *23*—Fasern aus dem Gebiet des Thalamus opticus zum Gebiet der Formatio reticularis; *25*—Haubenbündel von Gudden; *25'*—Pedunculus corporis mamillaris; *31, 31'*—Fasern des dorsalen und ventralen Abschnittes der hinteren Kommissur; *31''*—Fasern von der Glandula pinealis zur Gegend des nucleus habenulae; *32*—Vicq d'Azyrsches Bündel; *27*—Meynertsches Bündel s. fasciculus retroflexus; *57*—Fasern des Gewölbes; *33*—Fasern zur Verbindung des Thalamus opticus mit dem nucleus lenticularis; *52*, *53, 54, 55, 55'*—Fasern aus dem Thalamus opticus zur Rinde der Hemisphären.

Blau: 4—Pyramidenbündel; *4'*—Ungekreuztes Pyramidenvorderstrangbündel des Rückenmarkes; *40*—Cerebrales Bündel des mittleren Kleinhirnschenkels; *49*—Fasern zur Verbindung des Corpus striatum mit dem Globus pallidus; *50, 50'*—Fasern des medialen Teiles der Basis des Grosshirnschenkels zur Verbindung der grauen Substanz der Brücke mit den Frontallappen und mit dem Corpus striatum; *51*—Fasern des lateralen Teiles der Basis des Grosshirnschenkels zur Verbindung der grauen Massen der Brücke mit der Rinde des Occipital- und Temporallappens; *26*—Fasern des accessorischen Bündels der Schleifenschicht; *26*—Fasern zur Verbindung der Substantia nigra mit den Grosshirnhemisphären.

Schwarz gezeichnet sind, ausser den Konturen der grauen Substanz:

b. olf.—Bulbus olfactorius; und die Associationsfasern: *f. l. sup.*—Fasciculus longitudinalis superior; *f. l. inf.*—Fasciculus longitudinalis inferior; *cing*—Cingulum; *f. unc.*—Fasciculus uncinatus; *f. vert.*—Fasciculus verticalis; *fsc*—Fasciculus subcallosus.

Litteratur.

1) *O. Deiters.* Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark. Braunschweig. 1865.

2) *B. Stilling.* Über die Medulla oblongata. Erlangen. 1843.

3) — Über den Bau des Hirnknotens oder der Varolischen Brücke. Jena. 1846.

4) — Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarkes. 1857, 1859.

5) — Untersuchungen über den Bau des kleinen Gehirnes des Menschen. Kassel. 1864. 1867. 1878.

6) *Gerlach.* Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben. Bd. 11. 1872. pag. 665—693.

7) *Freud.* Centralbl. für med. Wissensch. 1884.

8) *Weigert.* Fortschr. f. innere Medicin. 2. 1884 und 1885.

9) *Th. Meynert.* Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben. Bd. 11.

10) — Neue Untersuchungen über Grosshirnganglien und Gehirnstamm. Wiener Akad. Anzeiger. No. 18. 1879.

11) — Skizze des menschlichen Gehirnstammes nach seiner Aussenform und seinem inneren Bau. Arch. f. Psychiatrie. Bd. IV. 1884.

12) — Beiträge zur Kenntniss der centralen Projektion der Sinnesoberflächen. Sitzb. der Wiener Akademie. 59 Bd., II. Abteilung. 1869.

13) — Die Medianebene des Hirnstammes, als ein Teil der Leitungsbahn zwischen der Gehirnrinde und den motorischen Nervenwurzeln. Wiener allg. Zeitung. 1865. 1866.

14) — Über Unterschiede im Gehirnbau des Menschen und der Säugetiere. Mitteil. d. Wiener anthropol. Gesellschaft. 1870. No. 4.

15) — Studien über die Bestandteile der Vierhügel. Zeitschr. für Wissensch. Zoologie. Bd. 17. 1867.

16) — Psychiatrie. Anatomische Einleitung. Wien. 1884.

17) *P. Flechsig.* Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark des Menschen auf Grund entwickelungsgeschichtlicher Untersuchungen dargestellt. 20 Tafeln. Leipzig. 1876.

18) — Über Systemerkrankungen im Rückenmark. Arch. der Heilkunde Bd. XVIII. 1877. Bd. XIX. 1878.

19) — Zur Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Leitungsbahnen im Gehirn des Menschen. Arch. f. Anat. u. Physiologie. 1881.

20) — Plan des menschlichen Gehirnes. Leipzig. 1883.

21) *Gudden.* Experimentaluntersuchungen über das peripherische und centrale Nervensystem. Arch. f. Psychiatrie Bd. II. 1870.

22) — Über die Kreuzung der Fasern im Chiasma nervorum opticorum. Arch. f. Ophtalm. Bd. XX, Abt. II. 1874, Bd. XXI, Abt. III, 1875. Bd. XXV, Abt. I, 1879. Bd. XXV, Abt. IV, pag. 237.

23) — Über einen bisher nicht beschriebenen Nervenfaserstrang im Gehirne der Säugetiere und des Menschen. Arch. f. Psych. Bd. XI, 1870.

24) — Untersuchungen über die Haubenregion. Arch. f. Psych. Bd. VII. 1877.

25) — Referat auf dem Naturforscherkongress zu Magdeburg. 1884.

26) *Türck.* Sitzb. d. Wiener Akademie. Bd. VI. 1851. Bd. II. 1853.

27) *Waller.* Sur la réproduction et sur la structure et les fonctions des ganglions spinaux. Müllers Arch. 1852.

28) *W. M. Bechterew* und *P. J. Rosenbach.* Zur Physiologie der Intervertebralganglien. Über die Veränderungen des Rückenmarkes nach Durchschneidung von Nervenwurzeln. Zeitschr. f. klinische u. forens. Psych. und Neuropathologie. Heft I. 1884. — Neurol. Centralbl. 1884.

29) *Charcot.* Leçons sur les maladies du syst. nerv. 1874.

30) *Roller.* Die Schleife. Arch. f. mikroskop. Anatomie 1881.

31) *Flourens.* Recherches expérim. sur les propriétés et les fonctions du système nerveux. 1842.

32) *W. M. Bechterew.* Über die Bestandteile der Hinterstränge des Rückenmarkes auf Grund entwickelungsgeschichtlicher Untersuchungen. „Arzt" No. 51. 1884 (russisch). — Neurolog. Centralbl. No. 2. 1885.

33) — Über die zwei, den mittleren Kleinhirnschenkel bildenden Bündel. „Arzt" No. 9. 1885 (russisch).

34) — Zur Anatomie der Schenkel des Kleinhirnes, insb. der Brückenarme. Neurol. Centralbl. No. 6. 1885.

35) — Über zwei Faserbündel der medialen Abteilung des hinteren Kleinhirnschenkels und über die Entwickelung der Akustikusfasern. „Arzt" No. 25. 1885.

36) — Über die innere Abteilung des Strickkörpers und den achten Hirnnerven. Neurol. Centralbl. No. 7. 1885.

37) — Über eine bisher unbekannte Verbindung der grossen Oliven mit dem Grosshirn. Neurol. Centralbl. No. 9. 1885.

38) — Über die Schleifenschicht bei fötalen menschlichen Gehirnen. Bericht der math.-phys. Klasse der königl. sächsischen Gesellschaft der Wissensch. 1885.

39) — Über die Fasern der grauen Substanz des Rückenmarkes. Protokolle der psychiatr. Gesellsch. zu St. Petersburg pro 1885.

40) — Die Faserung des vorderen Kleinhirnschenkels. Protokolle der psychiatr. Gesellschaft zu St. Petersburg pro 1885.

41) — Über einen besonderen Bestandteil der Seitenstränge

des Rückenmarkes und den Ursprung der grossen aufsteigenden Trigeminuswuszel. „Arzt“ No. 26. 1885. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1886. Anat. Abt.

42) — Über die Bestandteile der sog. Seitenstrangreste des Rückenmarkes. „Arzt“ No. 29. 1885. (russisch).

43) — Über die Längsfasern der Formatio reticularis auf Grund entwickelungsgeschichtlicher Untersuchungen, und über die Verbindungen des Nucleus reticularis tegmenti. „Arzt“ No. 6. 1886. (russisch).

44) — Über die Längsfaserzüge der Formatio reticularis medullae oblongatae et pontis. Neurol. Centralbl. No. 15. 1885.

45) — Über die Verbindungen der oberen Oliven und deren wahrscheinliche physiologische Bedeutung. „Arzt“ No. 32. 1885. Ref. in Neurol. Centralbl. pro 1885.

46) — Zur Frage der sekundären Degenerationen der Fasern des Pedunculus cerebri. Zeitschr. f. klin. u. forens. Psychiatr. 1885. Heft I.

47) — Ein neuer Fall von Degeneration der Fasern des lateralen Abschnittes der Basis pedunculi cerebri (des sog. Türckschen Bündels). „Russ. Medicin“ No. 33. 1885.

48) *Rossolimo.* Ein Fall von totaler Degeneration eines Hirnschenkelfusses. Neurol. Centralbl. No. 7. 1886.

49) *L. O. Darkschewitsch.* Über die hintere Kommissur des Gehirnes. Neurol. Centralbl. No. 5. 1885. — Einige Bemerkungen über den Faserverlauf in der hinteren Kommissur des Gehirnes. Neurol. Centralbl. No. 5. 1886.

50) *L. O. Darkschewitsch* u. *Freud.* Über die Beziehungen des Strickkörpers zum Hinterstrangkern neben Bemerkungen über zwei Felder der Oblongata. Neurol. Centralbl. No. 6. 1886.

51) *B. Baginsky.* Über den Ursprung und den centralen Verlauf des Nervus acusticus des Kaninchen. Sitzb. d. Kgl. preuss. Akademie der Wissensch. 25. Febr. 1886.

52) *Gowers.* Bemerkungen über die antero-laterale aufsteigende Degeneration im Rückenmark. Neurol. Centralbl. No. 5. 1886.

53) *Schiff.* Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Bd. I. 1858—1859.

54) — Über die Erregbarkeit des Rückenmarkes. Pflügers Archiv. Bd. XXX.

55) *Brown-Sequard.* Vorlesungen über Physiologie und Pathologie des Centralnervensystems, gehalten in Royal College of surgeons of England. (Übers. von Simonow. St. Petersburg. 1867).

56) — Nouvelles recherches sur le trajet des diverses espèces de conducteur d'impressions sensitives dans la moelle épinière. Arch. de phys. 1868.

57) *K. W. Woroschilow.* Der Verlauf der motorischen und sensiblen Bahnen durch das Lendenmark des Kaninchens. Bericht der math.-phys. Klasse d. k. Gesellsch. d. Wiss. zu Leipzig. 1874.

58) *Longet.* Anatomie et Physiologie du système nerveux. I. 1846.

59) *W. M. Bechterew.* Über die Function des halbzirkelförmigen Kanäle des häutigen Labyrinths. Med. Bibliothek. Dezember 1882. (russisch). — Pflügers Arch. f. d. gesammte Physiologie. Bd. XXX.

60) — Über die Bahn zur Übertragung des Lichtreizes von der Retina auf den Nervus oculomotorius. Arch. f. Psychiatrie, Neurologie und forens. Psychopath. 1889.

61) — Zur Physiologie des Körpergleichgewichtes. Über die Funktion der centralen grauen Substanz des III. Ventrikels. Mil. med. Journal pro 1883 (russisch) Pflügers Arch. 1883.

62) — Über die Verbindung der sg. peripheren Organe des Gleichgewichts mit dem Kleinhirn. Versuche mit Durchschneidung der Kleinhirnschenkel. „Russ. Medicin" 1884. Pflügers Archiv. Bd. XXXIV.

63) Über die Funktion der Sehhügel. Zeitschr. f. klin. u. forens. Psychiatr. Heft I. 1885.

64) — Die Physiologie der motorischen Zone der Grosshirnrinde. Charkow 1887 (russisch).

65) — Über die Lokalisation der Hautsensibilität und des Muskelgefühls auf der Oberfläche der Grosshirnhemisphären. „Arzt“ No. 30. 1883 (russisch). — Neurol. Centralbl. No. 18. 1883.

66) — Über die bei Zerstörung der Grosshirnrinde auftretenden Zwangsbewegungen. „Russ. Med.“ No. I und III. 1885. — Virch. Arch. September 1885.

67) *L. Edinger.* Zur Kenntnis des Verlaufes der Hinterstrangfasern in der Medulla oblongata und im unteren Kleinhirnschenkel. Neurol. Centralbl. No. 4. 1885.

68) — Zehn Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane. Leipzig.

69) *K. A. Misslawsky.* Über das Atmungscentrum. Inaug.-Dissert. Kasan 1885 (russisch).

70) *Monakow.* Experim. Beitrag zur Kenntnis des Corpus restiforme, des äusseren Akustikuskerns und deren Beziehungen zum Rückenmark. Arch. f. Psychiatrie. Bd. XIV. Hft. I.

71) — Neue experimentelle Beiträge zur Anatomie der Schleife. Neurol. Centralbl. No. 12. 1885.

72) — Experim. und pathologisch-anatomische Untersuchungen über die Beziehungen der sog. Sehsphäre zu den infrakortikalen Optikuscentren und zum N. opticus. Arch. f. Psychiatrie. Bd. XIV. Hft. III; Bd. XVI. Hft. I, II.

73) — Experim. Untersuchungen über Hirnrindenatrophie Neurol. Centralbl. No. 22. 1883.

74) — Experim. Beiträge zur Kenntnis der Pyramiden und der Schleifenschicht. Corresp.-Blatt f. Schweizer Ärzte. 1884. No. 6. u. 7.

75) *P. Vejas.* Experim. Beiträge zur Kenntnis der Verbindungsbahnen des Kleinhirns und des Verlaufs der Funiculi graciles und cuenati. Arch. f. Psychiatr. Bd. XVI.

76) *Hitzig.* Untersuchungen über das Gehirn. Berlin 1874.

77) *Ferrier.* The function of the brain. London 1876.

78) *Munk.* Zur Physiologie der Grosshirnrinde. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1878.

79) *C. Wernicke.* Lehrbuch der Gehirnkrankheiten. Bd. I. Kassel 1881.

80) — Ein Fall von Ponserkrankung.

81) *Mancopf.* Zeitschr. f. klin. Med. 1884. Bd. VII. Suppl.-Heft.

82) *P. J. Kowalewsky.* Das Verhältnis des Linsenkerns zur Hirnrinde bei Menschen und Tieren. Sitzber. d. Akad. d. Wissensch. III. Abt. Bd. LXXXVI. Jahrg. 1882.

83) *Witkowsky.* Beiträge zur Pathologie des Gehirns. Arch. f. Psychiatrie 1883. XIV. 2.

84) *L. Minor.* Zur Frage der Bedeutung des Corpus striatum. Inaug.-Dissert. Moskau 1882.

85) *W. F. Tschish.* Untersuchungen zur Anatomie der Gehirnganglien des Menschen. Berichte der math.-phys. Klasse der königl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften. 1886.

86) *Onufrowitsch.* Experim. Beitrag zur Kenntnis des Ursprungs des N. Acusticus des Kaninchens. Archiv f. Psychiatrie. Bd. XVI. Heft III.

87) *Richter.* Zur Frage der optischen Leitungsbahnen des menschlichen Gehirns. Arch. f. Psychiatrie. Bd. XII. Heft 3.

88) *P. Mayser.* Experim. Beitrag zur Kenntnis des Baues des Kaninchenrückenmarkes. Arch. f. Psychiatrie. VII.

89) *P. Schiefferdecker.* Beitrag zur Kenntnis des Faserverlaufes im Rückenmark. Arch. f. mikrosk. Anatomie. X. 1884.

90) — Über Regeneration, Degeneration und Architektur des Rückenmarkes. Virchows Arch. Bd. 67. 1876.

91) *A. F. Erlitzky.* Über die Veränderungen des Rückenmarkes nach Amputationen beim Hunde. Inaug.-Dissert. St. Petersburg 1879.

92) *J. Henle.* Handbuch der Nervenlehre des Menschen. 1879.

93) *Schwalbe.* Lehrbuch der Neurologie. 1881.

94) *C. Wernicke.* Lehrbuch der Gehirnkrankheiten. Anat. Einleitung. Kassel. Bd. I. 1881.

95) *J. Luys.* Recherches sur le système nerveux cerebro-spinale. Paris 1865.

96) — Das Gehirn, sein Bau und seine Verrichtungen. Internat. wissensch. Bibliothek. Bd. XXVI. 1877.

97) *Forel.* Untersuchungen über die Haubenregion. Arch. f. Psychiatrie. Bd. VII. 1877.

98) *A. Pawlowsky.* Über den Faserverlauf in der hinteren Gehirnkommissur. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. 24. 1874.

99) *F. Schnopfhagen.* Beiträge zur Anatomie des Sehhügels und dessen nächster Umgebung. Sitzb. d. Wiener Akademie. Bd. 76. III. Abt. 1877.

100) *S. Ganser.* Über die vordere Hirnkommissur der Säugetiere. Arch. f. Psychiatrie. Bd. IX. 1878.

101) — Über die periphere und centrale Anordnung der Sehnervenfasern und über das Corpus bigeminum anterius. Arch. f. Psychiatrie. XVI. 2.

102) *E. C. Spitzka.* Über einige durch die „Atrophie-Methode" erzielte Resultate, hauptsächlich die Commissura posterior betreffend. Neurol. Centr. No. 11. 1885.

103) *J. Singer.* Über sekundäre Degeneration im Rückenmark des Hundes. Sitzb. der Wiener K. Akademie der Wissensch. III. Abt. 1881. Bd. LXXXIV.

104) *Schultze.* Beitrag zur Lehre von der sekundären Degeneration im Rückenmark des Menschen etc. Arch. f. Psychiatrie Bd. XIV. Heft 2.

105) *N. Löwenthal.* Dégénérations secondaires ascendants dans la bulbe rachidienne, dans le pont et dans l'étage supérieur de l'isthme. Revue méd. de la Suisse Rom. 10. 1885.

106) *Singer* und *Münzer.* Abh. d. math.-naturw. Klasse d. k. k. Akademie der Wissenschaften. Wien 1890.

107) *Waldeyer.* Abh. der Königl. Preuss. Akademie d. Wissensch. zu Berlin i. J. 1888. Berlin 1889.

108) *Wagner.* Centralbl. f. Nervenheilkunde. IX. 1886.

109) *Rossolimo.* Zur Frage über den weiteren Verlauf der Hinterwurzelfasern im Rückenmark. Neurol. Centralbl. 1886. No. 17.

110) *Lenhossék.* Arch. f. mikroskop. Anatomie. XXXIII.

111) *N. M. Popow.* Arch. de Neurologie. XVII. 1889.

112) *Auerbach.* Anat. Anzeiger. VI. 1890.

113) *Takaks.* Über den Verlauf der hinteren Wurzelfasern im Rückenmark etc. Neurol. Centralbl. 1887.

114) *Löwenthal.* Revue méd. de la Suisse Rom. VI. pag. 529. 1886.

115) *Krauss.* Neurol. Centralbl. IV. 1885.

116) *Nathan Loewenthal.* Inaug.-Dissert. Genève 1885.

117) *Sherington.* Journal of Physiol. VI. 1886.

118) *Flechsig.* Neurol. Centralbl. IX. 1890.

119) *Ramón y Cajal.* Anat. Anzeiger. No. 3. 1889.

120) *Monakow.* Berlin. Gesellsch. f. Psych. Neurol. Centralblatt. 1885.

121) *Kölliker.* Sitzb. d. phys.-med. Gesellsch. 1890. — Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. LI.

122) *Gaskell.* Journal of Physiol. VII. 1. 1886.

123) *Lenhossék.* Arch. f. mikrosk. Anat. XXXIV.

124) *Mott.* Brain. 1891.

125) *Friedländer* und *Krause.* Fortschr. d. Med. 1886. Dez.

126) *Lissauer.* Beitrag zum Faserverlauf im Hinterhorn des menschlichen Rückenmarkes etc. Arch. f. Psych. Bd. XVII. 2. 1886

127) *Baginsky.* Virch. Arch. CXIX. 1890.

128) — Neurol. Centralbl. VIII. 1889.

129) *Monakow.* Über den Ursprung und den centralen Verlauf des Akustikus. Korresp. Bl. f. schweiz. Ärzte. XVII. 5. 1887.

130) *Ziehen* und *Kückenthal.* Denkschr. d. med. Naturwiss. zu Jena. III. 1. Jena 1889.

131) *His jun.* Arch. f. Anat. u. Physiol. Suppl.-Bd. 1889.

132) *Freud.* Monats-Schr. f. Ohrenheilk. 1886.

133) *Singer* und *Münzer*. Denkschriften der math.-nat. Klasse d. k. k. Akademie d. Wissensch. LV. Bd.

134) *Böttiger*. Inaug.-Dissert. 1889. Arch. f. Psych. u. Nervenkrankheiten. XXII. 1889.

135) *Perlia*. Fortschr. d. Med. VII. 2. 1889.

136) *L. O. Darkschewitsch*. Graefes Arch. XXXVII.

137) *Delbrück*. Neurol. Centralbl. 1890. pag. 206.

138) *Bellonci*. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. XLVII. 1888.

139) *Mingazzini*. Annali di freniatria 1890. II. Fasc. 4. 1890.

140) *Gudden*. Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie.

141) *Dees*. Arch. f. Psych. u. Nervenkrankh. XX. 1888.

142) *Koch*. Untersuchungen über den Ursprung und die Verbindungen des N. hypoglossus in der Medulla oblongata. Arch. f. mikrosk. Anatomie. XXXI. 1887.

143) *Dees*. Über den Ursprung u. den centralen Verlauf des N. accessorius Willisii. Allg. Zeitschr. f. Psych. XLIII. 4. 1887.

144) *Mendel*. Über den Kernursprung des Augenfacialis. Berlin. Med. Gesellsch. 9. Novbr. 1887. Neurol. Centralbl. VI. 23. 1887.

145) *Edinger*. Über die Bedeutung des Corpus striatum. Verhandl. d. Versammlung südwestdeutscher Neurologen u. Irrenärzte in Strassburg. 1887. Arch. f. Psych. XIX. 1. 1887.

146) *Cionini*. Sulla struttura della glandula pineale. Riv. Sper. di Freniatr. XII. 1887.

147) *Freud*. Neurol. Centralbl. IV. 1885.

148) *L. O. Darkschewitsch*. Arch. f. Anat. u. Phys. 5 und 6. 1885. Neurol. Centralbl. IV. 1885.

149) *W. M. Bechterew*. Zur Frage über den Ursprung d. Höhrnerven und über die physiol. Bedeutung d. N. vestibularis. Neurol. Centralbl. 1887.

150) *Mingazzini*. Gaz. med. di. Roma. XVI. 1890.

151) *Kölliker*. Anat. Anzeiger. VI. No. 14 und 15, pag. 427.

152) *V. Gudden*. Augenbewegungsnerven. Ges. Abhandlungen. Edingers Bericht pro 1888.

153) *Perlia.* Arch. f. Ophthalmol. XXXV. 1889.

154) *L. O. Darkschewitsch.* Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. 1889.

155) *Edinger.* Arch. f. Psych. XVI. 3. pag. 858. 1885.

156) *Westphal.* Über einen Fall von chronisch. progr. Lähmung d. Augenmuskeln. Arch. f. Psych. XVIII. 3. 1888.

157) *L. O. Darkschewitsch.* Zur Anatomie d. Glandula pinealis. Neurol. Centralbl. No. 2. 1886.

158) *Lenhossék.* Anat. Anzeig. II. 14. 1887.

159) *Vincenzi.* Sulla fina anatomia dell' oliva bulbare dell' uomo. Atti della R. Academia medica di Roma. 2. 3. XIII. 3. 1886—1887.

160) *Blumenau.* Neurol. Centralbl. No. 19. 1890. Orig. Mitt.

161) *Holm.* Die Anatomie u. Pathologie d. dorsalen Vaguskern. Neurol. Centralbl. No. 3. 1892.

162) *Auerbach.* Morphol. Jahrb. 1888, pag. 373.

163) *Koppen.* Neurol. Centralbl. VIII. 1889.

164) *Mingazzini.* Bull. della R. Acad. med. di Roma 1888—1889.

165) *Schütz.* Arch. f. Psych. Bd. XXII. 3. 1891.

166) *Sioli.* Centr. f. Nervenheilk. XI. 1888.

167) *Edinger.* Anat. Anzeiger IV. 4. 1889.

168) *Spitzka.* New-York med. journ. Okt. 1888.

169) *Werdnig.* Wien. med. Jahrb. 1888—1889.

170) *Kölliker.* Sitzb. d. physikal.-med. Ges. zu Würzburg 1889.

171) *Held.* Der Ursprung des Markes der Vierhügelgegend. Neurol. Centralbl. 16. 1890. Orig. Mitt.

172) *Flechsig.* Neurol. Centralbl. 4. 1890. Orig. Mitt.

173) *Spitzka.* Neurol. Centralbl. pag. 24. 1885.

174) *Freud.* Neurol. Centralbl. IV. 1885. 12.

175) *L. O. Darkschewitsch* und *Pribytkow.* Neurol. Centralbl. No. 14. 1891. Orig. Mitt.

176) *Jakowenko.* Psychiatr. Anzeiger. Heft II. pro 1889. pag. 73. (russisch.)

177) *Spitzka.* The intra-axial course of the auditory tract. 1886.

178) *Monakow.* Bericht über die 62. Vers. deutscher Naturforscher u. Ärzte zu Heidelberg. 1889.

179) *Lenhossék.* Beobachtungen am Gehirn des Menschen. Anat. Anzeiger. II. 14. 1887.

180) *Edinger.* Anat. Anzeiger. II. 1887. pag. 27.

181) *Nussbaum.* Über die wechselseitigen Beziehungen zwischen den centralen Ursprungsgebieten d. Augenmuskelnerven. Wien. Med. Jahrb. 1887.

182) *Sherington.* Journ. of physiologie. 1889.

183) *Lenhossék.* Anat. Anzeiger. 1889.

184) *Jelgersma.* Nederl. tijdschr. voor Geneesk. 1887. Ref. in Schmidts Jahrb. Bd. CCXIX.

185) *Ziehen.* Arch. f. Psych. XVIII.

186) *Schraeder.* Inaug.-Dissert. 1884.

187) *Monakow.* Arch. des sciences physiques et naturelles. XX. III. 1888.

188) *Meyer.* Arch. f. Psych. XVII. 1886.

189) *Monakow.* Über sekundäre Degenerationen etc. Sitzb. d. Gesellsch. d. Ärzte zu Zürich am 6. Febr. 1886. Schw. Corresp. 1886.

190) *L. O. Darkschewitsch.* Über die sog. primären Optikuscentren u. ihre Beziehung zur Grosshirnrinde. Arch. f. Anat. u. Phys. 1886.

191) *Flechsig* und *Hösel.* Centralwindungen als Centralorgan der Hinterstränge. Neurol. Centralbl. 14. 1890.

192) *Monakow.* Corresp. Bl. f. schweiz. Ärzte. XX. 1890.

193) *Viller.* Thèse. 1888. Nancy.

194) *Löwenthal.* Note rélative à l'atrophie unilaterale de la colonne de Clarke etc. Revue méd. de la Suisse Rom. 1886.

195) *Mendel.* Deutsche med. Wochenschr. XV. 47. 1889.

196) *Zacher.* Arch. f. Psych. Bd. XXII.

197) *Friedmann.* Einiges über Degenerationsprozesse im Hemisphärenmarke. Neurol. Centralbl. 1887.

198) *Richter.* Arch. f. Psych. XVI. 1885.

199) *Monakow.* Arch. f. Psych. XXI. 1889.

200) *H. Kreuser.* Allg. Zeitschr. f. Psych. Bd. XLVIII.

201) *L. O. Darkschewitsch.* Zur Anatomie d. corp. quadrig. Neurol. Centralbl. pag. 251. 1885.

202) Prof. *Bianchi* und Dr. *d'Abundo.* Die ins Gehirn und Rückenmark herabsteigenden experim. Degenerationen etc. Neurol. Centralbl. No. 17. 1886.

203) *Bianchi* und *d'Abundo.* La psychiatria. 1886.

204) *C. Beevor.* On prof. Hamiltons theory concerning the corpus callosum. Brain 1885. 1886.

205) *Blumenau.* Arch. f. Anat. u. Physiologie 1890.

206) *N. M. Popoff* und *P. Flechsig* (Zusatz). Ursprungsgebiete d. Fasern d. vorderen Kommissur in d. Hirnrinde des Menschen. Neurol. Centralbl. 1886. 22.

207) *Mondini.* Ricerche macro- i microscopiche sui centri nervosi. Torino. 1887.

208) *Onufrowitsch.* Das balkenlose mikrocephale Gehirn Hoffmann. Arch. f. Psych. XVIII. 2.

209) *Schnopfhagen.* Die Entstehung d. Windungen des Grosshirns. Wien 1890.

210) *Langley* and *Grünbaum.* Journ. of physiologie 1891. pag. 606 bis 628.

211) *Ramón y Cajal.* Gaceta médica cotolana. 1890. Ref. in Neurol. Centr. 1891. No. 22.

212) *Hossnegger.* Recueil de Zool. Suisse. V. 2. pag. 201. 1890.

213) *Marchi.* Sulla degenerazioni consecutive all' estirparzione totale e parziale del cerveletto. Rivista sperim. di Freniatria. 1886.

214) *Marchi.* Rivista sperim. di freniatria. XIII. 1888.

215) *Mingazzini.* Arch. par le scienze med. XIV. II. Ref. in Schmidts Jahrb. pro 1890. pag. 207.

216) *Bum.* Neurol. Centralbl. 1888.

217) *Edinger.* Bericht d. Vers. südwestdeutsch. Neurol. u. Irrenärzte in Baden. 1886.

218) *Marchi.* Sull' origine e decarso dei peduncoli cerebellari etc. Florenz.

219) *Brasset.* Contribution à l'étude des connexions du cervelet. Paris 1891.

220) *Edinger.* Neurol. Centralbl. 1885. pag. 73.

221) *Forel* unter Mitwirkung v. Dr. *Mayser* und Dr. *Ganser.* Über das Verhältnis der experim. Atrophie und Degenerationsmethode zur Anatomie und Histologie des Centralnervensystems. Festschrift zur Feier des 25jähr. Doktor-Jubiläums d. Prof. Dr. K. W. v. Nägeli und Prof. Dr. A. v. Kölliker. Zürich 1891.

222) *W. M. Bechterew.* Über die relative Ausbildung und die Schwankungen der Lage der Pyramidenstränge beim Menschen u. bei Tieren, und über den Gehalt dieser Stränge an frühzeitiger angelegten Faserzügen. Med. Rundschau pro 1890 (russisch). — Neurol. Centralbl. No. 24. 1890; 1891. pag. 107.

223) *Kaes.* Neurol. Centralbl. 15. 1891.

224) *W. M. Bechterew.* Zur Frage üb. die äusseren Associationsfasern der Grosshirnrinde. Med. Rundschau No. 22. 1891 (russisch). — Neurol. Centralbl. No. 22. 1891.

225) *W. L. Muratoff.* Sekundäre Degenerationen des Balkens. „Arzt" No. 42. 1892 (russisch).

226) *Ramón y Cajal.* Sur la structure de l'écorce cérébrale des quelques mammifères. 1891.

227) *Marchi.* Rivista di freniatria. XVII. 3. 1891.

228) *Cramer.* Beiträge zur pathol Anatomie u. zur allg. Pathologie. XI. 1. 1891.

229) *Mingazzini.* Internat. Monatsschrift f. Anat. u. Physiol. VIII. 1891.

230) *Otti* et *Rossi.* Arch. ital. de Biologie. 1891.

231) *M. D. Lawdowsky.* Vom Aufbau des Rückenmarkes. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. XXXVIII.

232) *H. Held.* Die Endigungsweise der sensiblen Nerven im Gehirn. Arch. f. Anatomie u. Physiologie. Anat. Abt. 1892. Heft 1. 2.

233) *Bogroff.* Südruss. Med. Zeitg. No. 3. 1892 (russisch).

234) *Kirilzeff.* Zur Lehre vom Ursprung und centralen Verlauf des Akustikus. Med. Rundschau. 1892 (russisch).

235) *W. M. Bechterew.* Über die striae medullares s. acusticae des verlängerten Markes. Med. Rundschau. 1892. (russisch.) — Neurol. Centr. 1892.

236) *Hösel.* Die Centralwindungen — ein Centralorgan der Hinterstränge und des Trigeminus. Arch. f. Psych. Bd. XXIV. Hft. 2.

237) *Ramón y Cajal.* Sur la fine structure du lobe optique des oiseaux et sur l'origine réelle des nerfs optiques. Internat. Monats-Schr. f. Anat. u. Physiol. VIII. 9. No. 1. 1891.

238) *Bernheimer.* Über die Sehnervenwurzeln des Menschen. Ursprung, Entwickelung und Verlauf ihrer Markfasern. Wiesbaden 1891.

239) *L. O. Darkschewitsch.* Über die Kreuzung von Sehnervenfasern. Arch. f. Ophthalmol. XXXVII. 1. 1891.

240) *Hebold.* Der Faserverlauf im Sehnerven. Neurol. Centralblatt 1891.

241) *Barbacci.* Die sekundären Systeme aufsteigender Degeneration des Rückenmarkes. Centralbl. f. allg. Pathol. u. pathol. Anatomie. Mai 1891.

242) *A. Gehuchten.* La structure des centres nerveux. 1891.

243) *Blumenau.* Zeitschr. f. klin. u. forensische Psychiatrie. VIII. 2. 1891.

244) *Zacher.* Beiträge zur Kenntnis des Faserverlaufs im pes pedunculi etc. Arch. f. Psych. XXII. 3. 1891.

245) *Marchi.* Rivista di freniatria. XVII. 3. 1891.

246) *Mingazzini.* Recherches complémentaires sur le trajet du pedunculus medius cerebelli. Internat. Mon.-Schr. f. Anat. u. Phys. VIII. 7. 1891.

247) *Gudden.* Beitrag zur Kenntnis der Wurzeln des Trigeminusnerven. Allg. Zeitsch. für Psychiatrie. XLVIII. 1. 2. 1891.

248) *Blumenau.* Einige Bemerkungen über den äusseren Kern des Keilstranges. Neurol. Centralbl. 19. 1891.

249) — Über den äusseren Kern des Keilstranges im verlängerten Mark. Neurol. Centralbl. 8. 1891.

250) *P. Flechsig.* Über die Verbindungen der Hinterstränge mit d. Gehirn. Neurol. Centralbl. 5. 1885.

251) *Sala.* Sull' origine del nervo acustico. Monitoro Zoologico Italiano. 1891. No. 11. Sep.-Abdr.

252) *Auerbach.* Beitrag zur Kenntnis der ascendierenden Degeneration des Rückenmarkes etc. Virch. Arch. CXXIV. 1. 1891.

253) *Muchin.* Zur Lehre vom histologischen Aufbau des verlängerten Markes. Arch. f. Psychiatr., Neurologie u. forens. Psychopathologie. 1892.

254) *W. M. Bechterew.* Über die centralen Endigungen des Vagus and über die Faserbestandteile des sog. solitären Bündels der Oblongata. Zeitschr. f. klin. u. forens. Psychiatrie. I. 1887.

255) — Über die centralen Endigungen des N. trigeminus. Zeitschr. f. klin. u. forens. Psychiatrie. V. 1887.

256) — Zur Frage über die Bestandteile der Hinterstränge des Rückenmarkes. Med. Rundschau No. 17. 1887 (russisch).

257) — Über die hinteren Wurzeln, den Ort ihrer Endigung in der grauen Rückenmarksubstanz und ihre centrale Fortsetzung. Zeitsch. f. klin. u. forens. Psychiatrie. V. 1887. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. 1887.

258) — Über die Bestandteile des Strickkörpers. Zeitschr. f. klin. u. forens. Psychiatrie. 1886. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. 1886.

259) — Experimentelle Studien über die Kreuzung der Sehnervenfasern im Chiasma nervorum opticorum. Klin. Wochenschr. 1883. Neurol. Centralbl. No. 3. 1883.

Auf einige, hier nicht aufgeführte Schriften ist im Text hingewiesen worden.

Register.

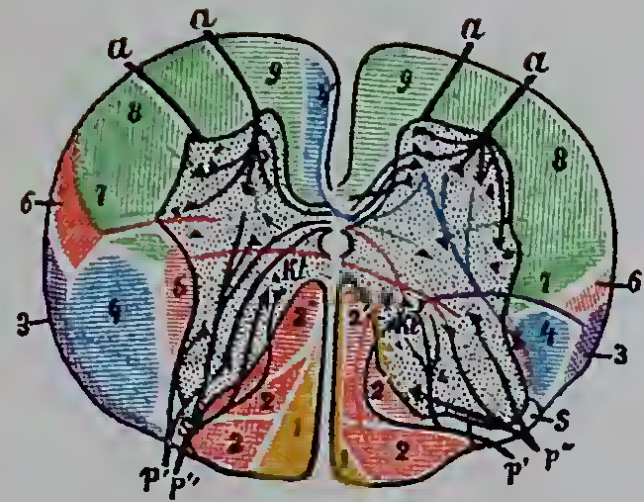


Fig. I.

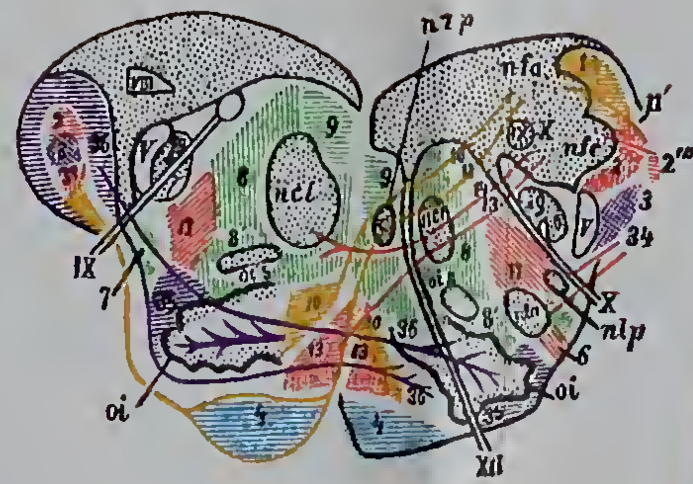


Fig. II.



Fig. IV.

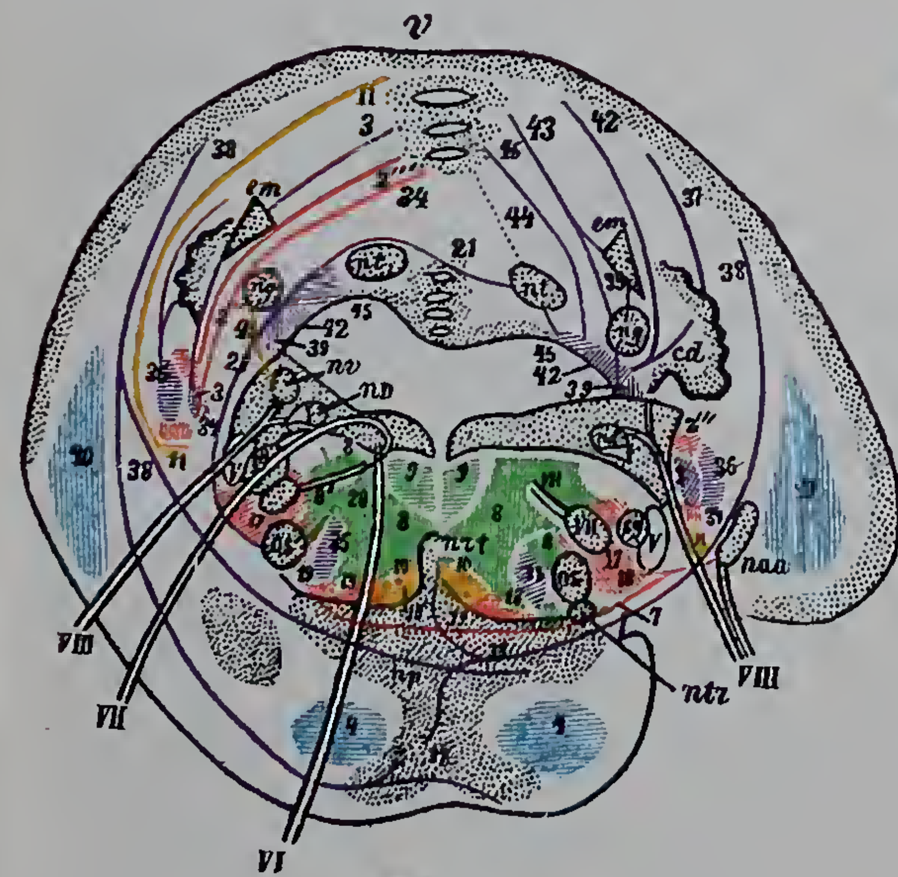


Fig. III.

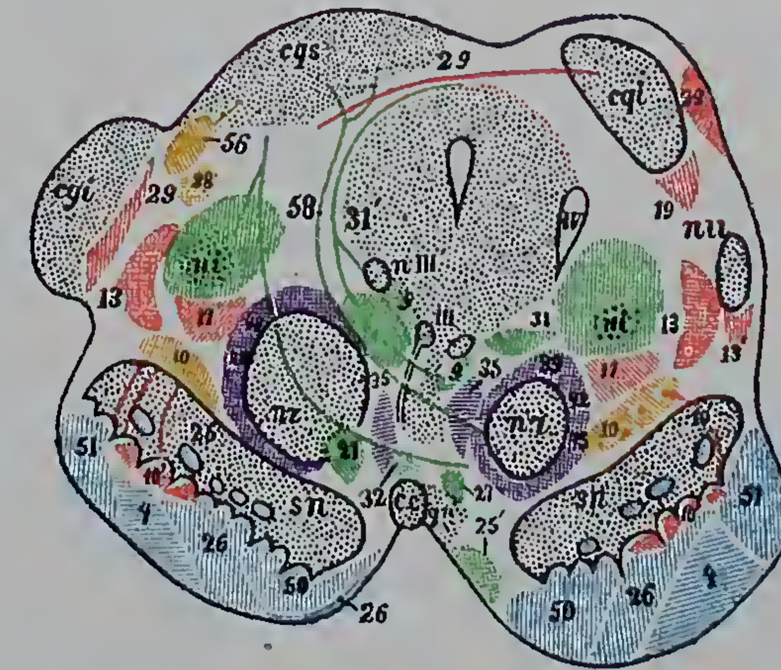


Fig. V.

Fig. VI.

VORLESUNGEN

ÜBER

HIRNLOCALISATION

VON

DAVID FERRIER,

M.D., LL.D., F.R.C.P., etc.

DEUTSCHE AUTORISIRTE AUSGABE

VON

DR. MAX WEISS
IN WIEN.

MIT 35 ABBILDUNGEN.

LEIPZIG UND WIEN.
FRANZ DEUTICKE.
1892.

Druck von Rudolf M. Rohrer in Brünn.

ERSTE

VORLESUNG.



Einleitung.

Meine Herren! Obwol ich die mir erwiesene Ehre specieller Aufforderung, in diesem Jahre im Aerzte-Collegium Vorlesungen zu halten, in hohem Maasse zu würdigen weiss, so muss ich dennoch gestehen, dass ich Anfangs unschlüssig war und Bedenken trug, mich der Ausübung der schwierigen Pflichten des Lehramtes zu unterziehen, da ich wol wusste, dass mir, in Anbetracht der Erfüllung anderweitiger Berufspflichten und in Hinblick auf die enorme Zahl der in den letzten Jahren auf dem Gebiete der Hirnlocalisation geleisteten Arbeiten und die endgiltiger Lösung noch harrenden hiehergehörigen Fragen, die nötige Zeit und das erforderliche Maass von Leistungsfähigkeit mangeln werde, um den Gegenstand meiner Vorträge, dem ich bereits früher meine volle Aufmerksamkeit gewidmet, und wovon ich einen Theil die Localisation der Gehirnkrankheiten, früher einmal vor Ihnen zu besprechen die besondere Ehre hatte, erschöpfend behandeln zu können. Da eine blosse Erörterung und Wiedergabe der Anschauungen, die ich anderwärts und zu verschiedenen Zeiten über unseren Gegenstand äusserte, und die mindestens Einigen von Ihnen hinlänglich bekannt sein dürften, mich nicht befriedigen konnten, schien es mir im Interesse dieser Vorlesungen zweckdienlich, von Neuem Untersuchungen anzustellen, um womöglich über einige noch fragliche Punkte Licht zu verbreiten. Doch erwies es sich als eine schwierige Aufgabe, in einer nur wenige Monate umfassenden Zeit, die überdies noch anderweitigen Arbeiten gewidmet war, alles das in praktischer Weise zusammenzufassen, was wol die ununterbrochene wissenschaftliche Arbeit einer langen Zeitperiode bilden könnte, und bin ich auch thatsächlich weit hinter dem zurückgeblieben, was ich auszuführen gehofft hatte; trotzdem glaube ich bestimmt, dass einige meiner Resultate, zu welchen ich gelangt bin, zur Lösung mancher strittiger Fragen beitragen dürften. In den folgenden Vorlesungen beabsichtige ich nun, die allmähliche Entwicklung der Lehre von der Hirnlocalisation zu skizziren, die grundlegenden Thatsachen für dieselbe anzugeben, und auf Grund der neuesten Untersuchungen, die Argumente für und gegen

die Existenz specifischer Centra und deren genaue Lage in der Hirnrinde abzuwägen. — Ich halte es für ratsam, ja sogar für notwendig, vor Erörterung der Thatsachen, welche auf die specielle Functionenlocalisation in der Hirnrinde direct hinweisen, die Folgen der Abtragung der Grosshirnhemisphären bei verschiedenen Thierclassen zu betrachten. Eine genaue Betrachtung dieser Erscheinungen bietet, wie ich glaube, eine befriedigende Auslegung der hauptsächlichen Bedenken, welche gegen die Localisationslehre im Allgemeinen geltend gemacht worden sind, und macht auch gleichzeitig gewisse Hypothesen hinsichtlich der functionellen Substitution eines Hirnrindenabschnittes durch einen anderen überflüssig, die von den Gegnern der Localisationslehre, anscheinend mit Recht, als solche angesehen worden sind, welche mit den Grundprincipien der Localisationslehre ganz und gar in Widerspruch stehen. — Neuere Untersuchungen über die Abtragung der Grosshirnhemisphären nach verbesserten Methoden haben einige wichtige Abänderungen der Lehren, die noch bis vor Kurzem im Allgemeinen über unseren Gegenstand Geltung hatten, notwendig gemacht.

I. Versuche an Fischen.

Werden bei Knochenfischen die Ganglien — dieselben entsprechen morphologisch den Grosshirnhemisphären der Vertebrata — exstirpirt, so ergeben sich bei denselben kaum merkbare Abweichungen von ihrem normalen Verhalten: dieselben bewahren ihre natürliche Haltung und schwimmen mit derselben Lebhaftigkeit und Präcision wie zuvor. Allgemein wurde behauptet, dass gehirnlosen Fischen die Spontaneität der Bewegung mangle, und dass es den Anschein habe, als ob dieselben infolge stetiger auf ihrer Körperoberfläche durch das Wasser hervorgerufener Reize zum Schwimmen angeregt werden, welches nur bis zum Eintritte neuro-musculärer Ermüdung anhalten soll. Doch stossen in der Weise operirte Knochenfische, wie Vulpian[1]) beobachtet hat, nicht blindlings an Hindernisse an, sondern wenden sich nach rechts oder nach links, den Umständen entsprechend, gerade als wenn sie noch irgendwelche Gesichtswarnehmung besässen. Wenn die Grosshirnhemisphären bei einem Fische entfernt werden, welcher, wie beispielsweise der Rochen, einer solchen Operation nicht leicht erliegt, so wird, wie Vulpian[1]) angibt, derselbe durch Vorhalten von Gegenständen nicht nur zum Ausweichen gezwungen, sondern er umgeht auch Hindernisse; wird einem solchen Fische einige Centimeter von dessen Kopfe entfernt rechterseits oder linkerseits ein Stab entgegengehalten, dann wendet er sich jedesmal

[1]) Système Nerveux, pag. 669.

nach der entgegengesetzten Seite um. — Steiner[1]) gibt bei derartig operirten Fischen den Mangel an Spontaneität nicht zu, da, wie er jedesmal beobachten konnte, dieselben gelegentlich am Grunde bleiben, hie und da unter der Oberfläche des Wassers in verschiedenen Höhen desselben sich aufhalten und zuweilen ungeachtet etwaiger Hindernisse frei umherschwimmen. Steiner und Vulpian[2]) konnten auch beobachten, dass solche Fische nicht nur sehen, sondern auch im Stande sind, Nahrung zu finden. Ins Wasser geworfene Würmer werden von den Fischen sofort aufgeschnappt; wird eine Schnur, von der Länge eines Wurmes aufs Wasser gelegt, so erkennen die Fische den Unterschied und lassen dieselbe entweder bei Seite liegen, oder werfen die Schnur, nachdem sie sie erfasst haben, wieder weg; überhaupt sind solche Fische im Stande, sich die geeignete Nahrung auszusuchen. Bis zu einer gewissen Grenze vermögen sie auch Farben zu unterscheiden und schnappen dieselben fast stets, wenn eine rothe und einige weisse Oblaten ins Wasser geworfen werden, nur nach der rothen.

Nach diesen vorgebrachten Thatsachen würde es den Anschein haben, dass ein Fisch nach Abtragung der Hirnhemisphären ganz gut noch sehen, bis zu einer gewissen Grenze auch Farben unterscheiden kann, im Stande ist, Beute zu machen, für sich die geeignete Nahrung auszusuchen, mit Präcision Bewegungen auszuführen, und dass ein solcher demgemäss in der That sich nach eder Richtung wie ein normales Thier verhält. Steiner konnte zwischen gehirnlosen und intacten Fischen nur insofern einen Unterschied herausfinden, als Erstere mehr impulsiv und weniger bedachtsam sind als Letztere.

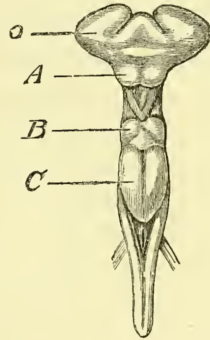


Fig. 1. Gehirn des Seehundes (nach Steiner).
A Grosshirnhemisphäre; *B* lobus opticus; *C* Kleinhirn; *O* lobus olfactorius.

Alles, was oben angegeben worden, bezieht sich jedoch nur auf die Teleostier. Ganz verschiedene Resultate erhält man nach Abtragung der Grosshirnhemisphären bei den Selachiern. So büsst nach Steiner[3]) der Seehund nach einer solchen Operation vollständig die Spontaneität ein und ist demgemäss ganz unfähig Futter (kleine Fischchen), das sich ringsum in seiner Nähe befindet, zu sich zu nehmen. Doch ist der Unterschied zwischen den genannten Fischordnungen mehr ein scheinbarer als ein wirklicher, indem der Seehund hauptsächlich vom Geruchssinne geleitet wird, der nach Abtragung der Hirnhemisphären, die fast ausschliesslich zum Lobus olfactorius in Beziehung stehen (Fig. 1 — A), vernichtet wird, während

---

[1]) Die Functionen des Centralnervensystems; Zweite Abtheilung: Die Fische, 1888.
[2]) Comptes Rendus. Tome 102 und 103, 1886.
[3]) Op. cit.

beim Knochenfische die freie Bewegung mehr vom Gesichtssinne beherrscht wird, durch dessen Controle, solange die primären optischen Centren (lobi optici) intact bleiben, aller Wahrscheinlichkeit nach, die gewöhnlichen Bewegungsarten ungestört erhalten bleiben.

II. Versuche an Fröschen.

Werden einem Frosche die Grosshirnhemisphären abgetragen, so verhält sich derselbe, wie insbesonders Goltz[1]) und Steiner[2]) hervorheben, ceteris paribus im Wesentlichen ganz so, wie ein in gleicher Weise operirter Fisch; der Frosch bewahrt seine normale Haltung und widersteht allen Versuchen, ihn aus seiner Gleichgewichtslage zu bringen; wird er auf den Rücken gelegt, so dreht er sich nach oben und sucht stets seine frühere Lage wiederzugewinnen. Wird das Brett, auf welchem ein solcher Frosch ruht, nach irgend einer Richtung geneigt, dann sucht er hinanzuklimmen, bis er eine feste Lage gewonnen hat. Die Locomobilität und Coordination sind ungestört. Wird sein Fuss gekneipt, oder der hintere Körpertheil desselben in irgend einer Weise gereizt, dann hüpft er davon; er schwimmt, wenn er ins Wasser geworfen wird, sucht die nächste Gefässwand zu erreichen, an welcher er dann, wenn es möglich ist, hinaufklimmt und dann ruhig dasitzt. In der That ist es schwierig, hinsichtlich der freien Bewegung und der auf periphere Reize auftretenden Reflexactionen einen Unterschied zwischen einem intacten und einem gehirnlosen Frosche herauszufinden. Wird Letzterer längs der Rückenhaut sanft gestreichelt, dann quakt er gleichsam aus Lustgefühl. Setzt man einen operirten Frosch in ein Gefäss mit Wasser, dessen Temperatur allmählich erhöht wird, dann sucht er, sobald ihm das Wasser unerträglich heiss geworden ist, hinauszuhüpfen; er sucht sofort, um athmen zu können, an die Oberfläche zu gelangen, wenn er auf den Boden eines Wassereimers gesetzt wird. Wird weiterhin der Wassereimer umgekehrt in eine pneumatische Wanne gestürzt, so dass er in Folge des Luftdrucks gefüllt bleibt, dann sucht der Frosch wie zuvor in die Höhe zu kommen, geht aber, da er nicht hinreichend Luft bekommt, wieder nach abwärts und entweicht schliesslich aus dem Gefässe, um auf die freie Oberfläche der Wanne zu gelangen. Ebenso wie ein operirter Fisch, besitzt auch ein hirnloser Frosch einigermaassen eine Gesichtswahrnehmung, da er ebenfalls, wenn er zur Bewegung angeregt wird, an Hindernisse nicht anstösst, sondern über dieselben hinwegzuhüpfen, oder auch nach rechts oder nach links denselben auszuweichen sucht. In all' den genannten Beziehungen verhält sich ein hirnloser Frosch wie irgend

[1]) Functionen der Nervencentren des Frosches, 1869.

[2]) Physiologie des Froschhirns, 1885.

ein normaler, doch wurde von den meisten Beobachtern ein sehr beachtenswerter Unterschied nach einer Richtung hervorgehoben, da der hirnlose Frosch, wofern kein peripherer Reiz denselben erregt, an einem und demselben Platze beweglos verharrt, solange bis er thatsächlich zu einer Mumie vertrocknet ist. Jedwede Spontaneität der Bewegung, das ist die unter anscheinend gleichen äusseren Bedingungen stets nach Belieben sich ändernde Beweglichkeit, erscheint somit geradezu aufgehoben zu sein; sein Erinnerungsvermögen hat er gänzlich eingebüsst und alle drohenden Zeichen und Geberden, die ihn früher in die Flucht getrieben hätten, blickt er verständnislos an. Es ist auch im Allgemeinen festgestellt, dass dem hirnlosen Frosche die Selbsterhaltungstriebe abhanden gekommen sind und derselbe weder Hunger fühlt, noch das Verlangen zeigt seine Bedürfnisse zu befriedigen, so dass er mitten im Ueberflusse zu Grunde geht. Doch die neuesten Experimente Schraders[1]) scheinen darzuthun, dass die Abtragung der Hemisphären den Frosch weder seiner Spontaneität beraubt, noch der speciellen Triebe, noch der Fähigkeit, sich Nahrung zu suchen; konnte er doch beobachten, dass hirnlose Frösche, welche eine sehr lange Zeit lebend erhalten wurden, offenbar ganz spontan bald ins Aquarium, bald auf die Erde hüpften, zwischen Steinen herumkrochen, oder gar zu Anfang des Winters sich in die Erde vergruben, und dass dieselben, wenn sie vorsichtig unter Wasser getaucht wurden, ebenso gut wie intacte Frösche unter gleichen Bedingungen schwammen. Dieselben Frösche schnappten auch im Sommer, wenn deren Operationswunden schon ganz verheilt waren, fleissig nach Fliegen, welche um die Gefässe, in welchen sie gehalten wurden, herumschwirrten. Wenn diese Beobachtungen zuverlässig sind, würde es den Anschein haben, als wenn die Hauptunterscheidungsmerkmale zwischen dem hirnlosen und dem normalen Frosche, nämlich: der Mangel jeder Spontaneität und das Unvermögen, sich Nahrung zu suchen, nicht länger mehr Geltung haben können, und dass es sich somit mit dem hirnlosen Frosche gerade so wie mit dem hirnlosen Fische verhält.

III. Versuche an Vögeln.

Nun wollen wir die Wirkungen eruiren, welche die Abtragung der Grosshirnhemisphären bei Vögeln, der nächst höheren Wirbelthierclasse hervorruft und hiebei insbesonders die Tauben berücksichtigen, an welchen, wie allen bekannt ist, Flourens[2]) seine classischen Versuche zumeist angestellt hat. Obgleich jedoch dessen Schilderungen der Hauptsache nach als richtig angesehen wurden, so gab es trotzdem und bestehen

[1]) Physiologie des Froschgehirnes, Pflügers Archiv für Physiologie, 1887, Bd. 41.
[2]) Système Nerveux, 1842.

auch jetzt noch Meinungsverschiedenheiten hinsichtlich der thatsächlichen Ergebnisse und bei weitem mehr noch rücksichtlich der Art ihrer Auslegung. Zweifellos ist, dass nach Abtragung der Grosshirnhemisphären die Tauben weder im Stehen, noch im Gehen eine merkliche Störung zeigen; dieselben bewahren ihre normale Haltung und setzen allen Versuchen, ihr Gleichgewicht zu stören, Widerstand entgegen. Sich selbst überlassen, scheinen die Tauben wenigstens Anfangs in einen tiefen Schlaf versunken zu sein, aus welchem dieselben leicht durch einen sanften Schlag erwachen. Werden sie in dieser Weise gereizt, dann gehen sie vorwärts, und wenn sie die Kante des Tisches, auf welchem sie sich gerade befinden, überschreiten sollen, dann schlagen sie mit ihren Flügeln los, und suchen den Boden zu erreichen; werden die Tauben ins Freie gelassen, dann fliegen dieselben mit der nöthigen Präcision und Sicherheit. Nach jeder solchen passiv hervorgerufenen Bewegung verfallen sie wieder in ihren ursprünglichen Ruhezustand. Gelegentlich und anscheinend ohne jedwede äussere Veranlassung blicken dieselben empor, gähnen, schütteln sich, putzen mit dem Schnabel ihre Federn, machen, zumeist nach der Entleerung, einige Schritte vor- oder rückwärts und lassen sich dann ruhig nieder, wobei sie manchmal auf dem einen, manchmal auf dem anderen Beine stehen. Die Tauben sind aber ganz und gar unfähig, sich selbst zu füttern; bei künstlicher Ernährung gehen aber die Deglutition und die Verdauung in normaler Weise vor sich und können die Thiere eine sehr lange Zeit lebend erhalten werden. Flourens war der Meinung, dass durch die Abtragung der Hirnhemisphären die Sinneswahrnehmung vernichtet werde, und die Thiere somit blind und taub und ihres Geruchs- und Tastvermögens und der tactilen Sensibilität verlustig werden. Die Richtigkeit dieser Angaben wurde jedoch von Magendie, Bouillaud, Cuvier und insbesonders von Longet[1]) und Vulpian[2]) in Zweifel gezogen. Longet bemerkte, dass derartig operirte Thiere zu sehen schienen, indem dieselben der Bewegung einer Flamme, die in entsprechender Entfernung von denselben sich befand, um kein Wärmegefühl hervorzurufen, folgten und gelegentlich wenigstens, wenn sie zur Bewegung angeregt wurden, den auf ihrem Wege befindlichen Hindernissen auswichen. Sie horchten auch auf bei lauten Geräuschen, wie etwa, wenn in ihrer unmittelbaren Nähe ein Pistolenschuss abgefeuert wurde, und nach ihren Bewegungen und ihrer jedesmaligen Haltung zu schliessen, schien es, als ob ihnen die auf das Gemeingefühl wirkenden Reize zum Bewusstsein kämen. Rücksichtlich des Tastgefühles und des Geruchs hielt es Longet für unmöglich, bei Thieren dieser Ordnung zu bestimmten Schlussfolgerungen gelangen zu können und schienen ihm die

---

[1]) Anatomie et Physiologie du Système Nerveux, 1842.

[2]) Op. cit.

Behauptungen Flourens' durch überzeugende Beweise nicht gehörig gestützt. Longet glaubte, dass durch die Abtragung der Hirnhemisphären nur die specielle Sinnesempfindung, zum Unterschiede von dem rohen Allgemeingefühl, dessen Centrum in den mesencephalen Ganglien zu suchen ist, vernichtet werde.

Die Frage nach dem Sehvermögen hirnloser Tauben wurde weniger nach der Richtung vielfach discutirt, ob nur blosse Empfänglichkeit für Lichteindrücke bestehe, als vielmehr in dem Sinne, ob dieselben im Stande sind ihre Bewegungen unter Controle ihrer Netzhauteindrücke auszuführen. Mc. Kendrick[1]) war der Meinung, dass die Abtragung einer Hirnhemisphäre Blindheit des entgegengesetzten Auges hervorrufe und auch Jastrowitz[2]) kam nach seinen eigenen Experimenten zu derselben Schlussfolgerung, worüber übrigens weiter unten noch berichtet werden wird. Die unter Leitung Munk's von Blaschko[3]) ausgeführten Versuche führten über diesen Punkt zu keinen bestimmten Resultaten, obwohl es nach denselben den Anschein hatte, als ob die Abtragung der einen Hemisphäre totale Blindheit des entgegengesetzten Auges nicht hervorrief. Doch Munk[4]) selbst führte bezüglich dieses Gegenstandes eine beträchtliche Zahl von Experimenten aus und fand derselbe bei einer bestimmten Anzahl von Tauben, welchen er die Hirnhemisphären abgetragen, dass die Gesichtswahrnehmung derselben nicht vollständig erloschen war, da dieselben jedesmal den ihnen entgegengestellten Hindernissen auswichen. Die sorgfältig vorgenommenen post-mortem-Untersuchungen ergaben jedoch die Thatsache, dass in derartigen Fällen die Hemisphären nicht vollständig zerstört worden waren, und dass das Sehvermögen des Auges, welches der Hemisphäre, dessen Exstirpation nicht vollends gelungen war, entgegengesetzt war, im Grossen und Ganzen erhalten blieb; in jenen Fällen aber, in welchen thatsächlich eine vollständige Entfernung der Hemisphären erzielt worden ist, trat eine absolute und complete Blindheit ein. In solcher Weise operirte Thiere boten bezüglich ihrer Haltung und hinsichtlich der Reaction auf periphere Reize die bereits oben beschriebenen Erscheinungen dar. Ausser einer Pupillencontraction rief die Einwirkung directer Lichtstrahlen gar keine Reaction hervor. Wurden die Thiere zur Bewegung angetrieben, so stiessen sie an jeden Gegenstand an, der ihnen im Wege stand; losgelassen, flogen dieselben mit zurückgebeugtem Kopfe, halbaufgerichtetem Rumpfe, schlaff herabhängenden

---

[1]) Observations and Experiments on the Corpora Striata and Cerebral Hemispheres of Pigeons, Royal Society, Edinburgh, 1873.

[2]) Ueber die Bedeutung des Grosshirns, Archiv für Psychiatrie, 1876.

[3]) Das Sehcentrum bei Fröschen, Berlin 1880.

[4]) „Ueber die centralen Organe für das Sehen und das Hören bei den Wirbelthieren;“ Sitzungsberichte d. Berl. Akad. d. Wissenschaften, Juli, 1883.

Beinen, stiessen an Hindernisse oder fielen ganz plump auf den Boden und wankten eine grosse Strecke hin und her, bevor sie in den Zustand der Ruhe zurückkehrten. — Die von Munk angegebenen Symptome weisen mit Bestimmtheit hin auf die bei seinen operirten Tauben bestehende totale Erblindung und ist derselbe auch der Meinung, dass alle jene, welche behaupteten, dass die Abtragung der Hirnhemisphären keine totale Erblindung hervorrufe, sich im Irrthume befinden in Anbetracht der Thatsache, dass von denselben die Hemisphären nicht vollständiger abgetragen worden sind. Weiterhin gibt Schrader[1]) die von ihm bei zwei Tauben, denen er, wie die von Recklinghausen vorgenommene Section ergeben hat, vollständig jeden Theil der Hirnhemisphären exstirpirt hatte, beobachteten Erscheinungen an. Von der Hirnrinde blieb nichts zurück, und nur geringe Reste der durchschnittenen Grosshirnschenkel befanden sich in einem Zustande von Erweichung. Die operirten Tauben zeigten nun wenige Tage nach der Operation ein derartiges Verhalten, wie man es sich nur erklären kann bei Vorhandensein eines bestimmten Grades von Sehvermögen; dieselben wichen nämlich auf ihrem Fusswege und im Fluge Hindernissen aus, flogen von einer Stelle weg und liessen sich auf einer andern ganz ruhig nieder. Doch wurden sie meistens, wenn nicht stets, nur durch unbequeme Lagen veranlasst, den jeweiligen Platz zu wechseln, wie in den Fällen, wo dieselben auf eine schmale Unterlage gestellt, oder gar Balancirversuche mit ihnen vorgenommen wurden; nie versuchten solche Tauben spontan vom Boden aufzufliegen.

Hinsichtlich des Hörvermögens bestätigte Schrader bei einigen dieser Thiere die Beobachtungen Longet's, dass laute Geräusche, wie der Knall eines Zündhütchens, plötzliches Aufschrecken derselben hervorrief, dass aber sonst Schalleindrücke auf dieselben keinen Eindruck machten. Sind die Schrader'schen Versuchsresultate zuverlässig, dann gehören Vögel, Fische und Frösche in eine Kategorie; zweifellos behalten dieselben ungeachtet der gänzlichen Abtragung ihrer Hirnhemisphären im Allgemeinen das Sehvermögen und führen ihre Bewegungen unter Controle desselben aus. [2])

[1]) Physiologie des Vogelgehirnes, Pflüger's Archiv. Bd. 44.

[2]) Ablation de hemisphères cérébraux chez le pigeon, par Boeck et Le Boeuf. (Bulletin de la société de medecine mentale Belgique. 1890, Decembre.) Trotz vollständiger Abtragung des grössten Theiles der Hemisphären überlebte das Versuchsthier noch $2^1/_2$ Jahre die Operation. Die anatomische Untersuchung zeigte, dass vom Vorderhirn ein Stück und auch etwas von der Rinde des Occipitallappens übrig geblieben sei; keine Spur von Degeneration oder Erweichung. Die Autoren unterscheiden im Verlauf der Beobachtung beim Thiere drei Stadien: 1. Unmittelbar nach der Operation Somnolenz; 2. Stadium der Erregung und 3. Période de stabilité. Im letzten Stadium keine Motilitätsstörungen, Coordination intact, es sieht, hört, lernt wieder Futter zu sich nehmen und zu trinken und jagt andere Tauben mit Schnabelhieben fort. (Neurolog. Centralbl. 1891, Nr. 8.)

IV. Versuche an Säugethieren.

Während durch die Abtragung der Hirnhemisphären (nebst den corpora striata) die Fortexistenz der niedrigen Wirbelthiere durch eine längere Zeit gar nicht aufgehoben wird, so verhält sich die Sache bei Säugethieren ganz anders. Bei letzteren ruft die Operation unvermeidlich einen Shock hervor, oder solche Secundärerscheinungen, dass ein rascher Tod erfolgt. Aus diesem Grunde war es auch unmöglich, ebenso wie bei den niederen Wirbelthieren, genau zu bestimmen, welche Functionen nach gänzlichem Ausfalle der höheren Centra und bei Ablauf einer längeren Zeit nach vorgenommener Operation von den niederen nervösen Centren noch verrichtet werden. Mit bestem Erfolge wurde die Operation an Kaninchen, Meerschweinchen und Ratten, welche zu den niederen Ordnungen der Säugethiere gehören, vorgenommen. Wurden einem Kaninchen oder Meerschweinchen die Hirnhemisphären abgetragen, so trat vor allem äusserste Prostation auf und erst nach einer halben Stunde, oder auch nach längerer Zeit waren die Thiere, wie man beobachten konnte, wieder fähig, complicirte Bewegungen auszuführen. Die Muskelkraft der Glieder war dennoch merklich abgeschwächt und waren verhältnismässig mehr die vorderen als die hinteren Gliedmaassen betroffen. Dessenungeachtet ist ein solches Thier noch imstande das Körpergleichgewicht zu behalten, doch liegt es nachlässig da mit gespreizten Beinen, oder befindet sich in ganz unbequemen Stellungen; jedem Versuche eine Gleichgewichtsstörung herbeizuführen, leistet das Thier heftigen Widerstand und sucht jedesmal seine frühere Stellung wieder zu gewinnen. Wird ein Fuss, oder der Schwanz eines solchen Thieres gekneipt, dann sucht dasselbe zu entweichen und kehrt erst nach Aufhören des Reizes in seine frühere Lage zurück, wobei es sich in charakteristischer Weise fortbewegt. Bei Schallreizen ändert dasselbe langsam seine Lage, reibt seine Schnauze mit der Pfote, oder kratzt an irgend einer Körperstelle und begibt sich schliesslich in seine frühere Ruhelage. Auf Lichtreize contrahiren sich die Pupillen und bei Berührung der Conjunctiva schliesst das Thier die Augen; durch laute Geräusche wird dasselbe erschreckt. Wird dem Thiere Colocynthenpulver in den Mund gebracht, so sucht es dasselbe mit der Zunge wieder herauszubefördern, um den schlechten Geschmack loszuwerden; wird weiterhin Ammoniakflüssigkeit demselben vorgehalten, dann beugt es rasch den Kopf zurück, oder reibt mit den Pfoten an der Nase. Nicht minder reagirt das Thier durch Abwehrbewegungen, wenn ein Fuss, oder der Schwanz desselben gekneipt oder gestochen wird und stösst dasselbe, wenn die Reizung heftig und mehrmals wiederholt wird, ein klägliches Geschrei aus. Doch scheint einem solchen Thiere jede Spontaneität zu

mangeln, da es ohne äusseren Antrieb sich nicht aus seiner Ruhelage begibt.

Die Frage, ob nach Abtragung der Grosshirnhemisphären Kaninchen und andere Nagethiere ihr Sehvermögen nicht einbüssen, bildete den Gegenstand einer heftigen Controverse zwischen Christiani und Munk.[1]) Christiani gibt an, dass Kaninchen, denen er die Grosshirnhemisphären und unmittelbar vor den Thalami optici auch die Corpora striata sorgfältig abgetragen hatte, beim Hin- und Hergehen Hindernissen, wie Stuhl- und Tischfüssen, auswichen, und glaubt er demgemäss, dass dieselben, obgleich sie nicht dasselbe Sehvermögen besitzen, wie normale Kaninchen, unter Controle ihrer Netzhauteindrücke sich dennoch fortbewegen. Munk jedoch wirft Christiani ungenaue Ausführung der Versuche vor, und hält seine Behauptung aufrecht, dass Kaninchen nach Entfernung der Grosshirhemisphären absolut blind sind und keine Zeichen erkennen lassen, dass sie durch Lichtreize, abgesehen von der durch dieselben hervorgerufenen Pupillenreaction, angeregt werden. Munk glaubt auch, dass es reiner Zufall sei, wenn Christiani's operirte Kaninchen Hindernisse vermieden, und dass dies nur der Fall sein konnte, wenn in deren Weglinie zufällig keine Gegenstände sich befanden.

Es lässt sich eben diese Frage nicht definitiv erledigen, obgleich die bei Fischen, Fröschen und Vögeln sich ergebenden Versuchsresultate bei Einem die Meinung aufkommen lassen, dass Christiani's Ergebnisse und Schlussfolgerungen einer festen Grundlage nicht entbehren. Doch ist es schwierig, über diesen Punkt und über jene, die die sensorischen und motorischen Functionen gehirnloser Säugethiere betreffen, zu ganz befriedigenden Schlussfolgerungen zu gelangen, da der Regel nach Säugethiere ungleich rascher, als die niederen Wirbelthiere, der Operation erliegen. Die Zeit ist viel zu kurz, in welcher sich die niederen nervösen Centra der operirten Säuger von dem erlittenen Shock erholen können, der nothwendigerweise der eingreifenden Operation folgen muss, durch welche der vorher bestandene innige Zusammenhang zwischen den niederen und den höchsten nervösen Centren aufgehoben wird. Da die Todesursache der operirten Säugethiere zumeist die Folge auftretender Secundärerscheinungen zu sein scheint, und durchaus nicht einfach nur durch die Abtragung der Grosshirnhemisphären bedingt wird, so ist es nur wünschenswert, dass irgend eine Methode gefunden werde, bei deren Ausführung die operirten Thiere viel länger am Leben erhalten bleiben können, als es bis jetzt möglich war. Diesem Ziele näherte sich mit seiner Methode noch am meisten Goltz[2]), der nach extensiver Zerstörung

---

[1]) Physiologie des Gehirns, 1885.

[2]) Verrichtungen des Grosshirns, Pflügers Archiv, 1876—1888.

der Grosshirnhemisphären eine Reihe von sorgfältigen Beobachtungen an Hunden eine längere Zeit hindurch machen konnte. Obgleich in dem einen oder dem anderen Falle die Zerstörung der Grosshirnhemisphären keine vollständige war, so gewähren die von ihm hiebei beobachteten und beschriebenen Symptome Aufschlüsse, welche für die vergleichende Physiologie des Gehirns von grösster Wichtigkeit sind. Goltz selbst hat auf Grundlage dieser Versuche die Lehre von der Gehirnlocalisation angefochten; doch wollen wir vorläufig von der in dieser Hinsicht durchgeführten Polemik absehen und nur die Thatsachen selbst, welche Goltz angeführt hat, erörtern.

So macht Goltz [1]) über einen Hund Mittheilung, bei welchem er nach wiederholten Operationen die Grosshirnhemisphären zum grössten Theile zerstört hat. Der Grad der primären Läsion sammt der consecutiven secundären Atrophie war so gross, dass das ganze Gehirn nur 13 statt 90 Drachmen wog, dem Gewichte eines normalen Gehirnes eines Thieres von derselben Grösse. Der operirte Hund machte auf jeden einen vollständig blöden Eindruck. Sich selbst überlassen, irrte derselbe planlos umher, ohne auf irgend einen Gegenstand in seiner Umgebung zu achten. Seine Bewegungen waren unbeholfen und schwankend, doch liess er keine vollkommene motorische Schwäche erkennen. Er glitt auf einer glatten Oberfläche aus und seine Beine spreizten sich dann so, als würde er auf den Bauch niederfallen. Diese Lage pflegte er selbst aufzugeben und nachher herumzulaufen. Das Thier vermochte auch nicht, sein Futter zu finden, wenn letzteres auf einen ungewöhnlichen Ort gelegt worden, obwohl er dasselbe stets in der gewohnten Ecke seiner Hütte auffinden konnte; und wenn ihm sogar das Futter vorgehalten wurde, schnappte der Hund ziellos ebenso oft neben der Futterschüssel, als nach dem Inhalte in derselben; das Thier war weiterhin gar nicht im Stande, ein Knochenstück festzuhalten und abzunagen; es kümmerte sich nicht um fremde Menschen und Thiere; der directen Einwirkung sehr grellen Lichtes suchte es nicht zu entgehen und zeigte absolut keine Angst vor drohenden Geberden. Obgleich es somit den Anschein hatte, als ob der Hund vollständig blind sei, so liessen doch zahlreiche und mannigfache Versuche erkennen, dass seine Bewegungen unter Controle von Gesichtswahrnehmungen vor sich gingen. Er stiess an keine im Wege stehenden Hindernisse, wie es stets der Fall war, so oft dessen Augen verbunden wurden. Von Taubheit war auch keine Rede, nachdem der Hund durch ein lautes Geräusch aus dem Schlafe erweckt werden konnte; doch machte die Natur des Geräusches weiter keinen Eindruck auf denselben. Tabakrauch oder Chloroformdunst belästigten ihn gar

[1]) l. c., p. 134.

nicht und nagte er ein Stück Holz gerade so an, wie einen Knochen. Durch die Nähe eines anderen Hundes schien der operirte Hund durchaus nicht beirrt zu werden, und gerieth er auch nicht in Wuth, wenn ihm das Futter gestohlen wurde; er liess nie ein behagliches Gefühl in der gewohnten Weise durch Schwanzwedeln erkennen. Die cutane Sensibilität des Hundes war an allen Körperstellen herabgesetzt, doch zeigte kein Theil absolute Anästhesie. Wurde ein Fuss zu stark gekneipt, dann zog er das Bein zurück und biss um sich.

Von Goltz werden die Symptome, welche der erste operirte Hund und ein zweiter in ganz gleicher Weise operirte darboten, in folgender Weise kurz zusammengefasst: „Bewegung, Essen und Trinken erfolgten bei beiden operirten Thieren durch reflectorische Anregung; beide verhielten sich ganz indifferent gegen Menschen und Thiere; deren Sinneswahrnehmungen waren erheblich abgestumpft. Die cutane Sensibilität und die motorische Kraft waren im Allgemeinen intact. Der Ausdruck freudiger Erregung ging beiden ab, doch konnten beide leicht in Wuth gerathen. Beide Hunde machten den Eindruck des tiefsten Blödsinns."

Die sensorischen und motorischen Functionen der beiden soeben erwähnten, und auch der übrigen von Goltz operirten Hunde wären zweifellos noch viel intensiver geschädigt worden, als bei den operirten Kaninchen und Meerschweinchen, wenn nur die totale Hemisphärenexstirpation möglich gewesen wäre: ganz bestimmt wurde bei den Hunden nicht eines der specifischen Centren vollständig zerstört. Wenn man weiterhin die Ergebnisse nach partiellen Hirnläsionen beim Menschen in Betracht zieht, so gelangt man folgerichtig zur Anschauung, dass, wenn, ohne Beeinträchtigung der Fortdauer des Lebens, die Grosshirnhemisphären des Menschen vollständig abgetragen werden könnten, eine derartig complete und andauernde motorische Lähmung und eine Aufhebung aller Arten der Sensibilität sich einstellen würden, dass kaum eine Spur jener Reflexäusserungen, die nach Abtragung der Hirnhemisphären bei niederen Thieren stets erhalten bleiben, sich zeigen würde.

Es ist somit einleuchtend, dass Thiere niederer Ordnung ungeachtet der vollständigen Abtragung der Hirnhemisphären nebst dem normalen Verhalten ihrer organischen Functionen noch im Besitze mannigfacher functioneller Aeusserungen bleiben, deren Inhalt das statische und locomotorische Coordinationsvermögen, der Ausdruck der Gemüthsbewegung und das specifische reactive Verhalten ihrer Sinnesorgane auf äussere Reizimpulse bilden. In sehr hohem Grade sind eben bei Fischen, Fröschen und Tauben die Centra für die Sinnesorgane im Mesencephalon und im Rückenmarke entwickelt, im geringeren Grade bei den niederen Säugethieren und am allerwenigsten bei den Affen und dem Menschen.

Bei dieser Gelegenheit beabsichtige ich jedoch nicht zu erörtern, ob die verschiedenen motorischen Aeusserungen unter dem regulirenden Einflusse des Rückenmarks, des Kleinhirns oder des Mesencephalon zustandekommen. Aus speciellen praktischen, und im Allgemeinen aus theoretischen Gründen können wir uns das Mesencephalon und das Rückenmark in eine Reihe von selbständigen Segmenten zerlegt denken. Ein jedes Segment hat seine eigenen zu- und abführenden Nerven und bildet, da durch dasselbe in dem ihm zugehörigen Körperabschnitte auch coordinatorische Bewegungsacte zu Stande kommen, eine Rückenmarkseinheit für sich; alle Segmente sind aber durch commissurale, oder intracentrale Nervenfasern mit einander verbunden, wodurch ein harmonisches Zusammenwirken derselben möglich gemacht ist. Die individuellen Folgestücke (Metameren) bilden Einheiten in einem complicirten Ganzen, functioniren durch Vermittlung specieller Sinnesnerven und sind den höheren Nervencentren untergeordnet, durch welche die Anpassung des Organismus an die Umgebung zustandekommt. Auch will ich nicht die schon oft ventilirte Frage berühren, ob die Verrichtungen der niederen Centra der Ueberlegung entspringen oder nicht. Die Meinungsverschiedenheiten über diesen Punkt drehen sich hauptsächlich um Begriffsbestimmungen. Wenn wir mit Romanes das Bestreben, sich den jeweiligen äusseren Verhältnissen zu accomodiren, als ein Merkmal von Intelligenz ansehen, dann können wir sicher nicht in Abrede stellen, dass die Verrichtungen der niederen Centra in diesem Sinne der Ueberlegung entspringen. Zeigen doch die Beobachtungen Steiners, Schraders und Anderer an niederen Wirbelthieren, dass Handlungsweisen, die wir beim Menschen für cerebrale Leistungen halten und somit als Kennzeichen vorhandenen Intellects auffassen, auch bei diesen Thieren nach Abtragung der Hirnhemisphären vorkommen können. Auch können wir nicht behaupten, dass die Spontaneität, eine ausschliessliche Hemisphärenleistung, bei hirnlosen Thieren ganz und gar aufgehoben ist, nachdem wir doch beobachten können, dass solche Thiere bei gleichbleibenden äusseren Verhältnissen sich ganz frei und aus eigenem Antriebe bewegen und sich nahezu wie ganz normale Thiere verhalten. Doch können wir in den meisten, wenn nicht in allen derartigen Fällen die sogenannten spontanen Bewegungen in eine causale Beziehung zu plötzlich auftretenden peripheren Innen- oder Aussenreizen bringen, während bei normalen Thieren die Spontaneität, die bei denselben ursprünglich einer ähnlichen Ursache entspringt, im weiteren Sinne als das Ergebniss einer Summe von associativen Vorgängen angesehen wird.

Diese und noch andere ähnliche Thatsachen gestatten den Schluss, dass zwischen dem einfachsten Reflexvorgange und einer intellectuellen Aeusserung eigentlich kein wesentlicher Unterschied besteht, da doch beide in unmerklichen Abstufungen in einander übergehen können. Wir

können nur erschliessen, aber nicht direct beweisen, das Vorhandensein von Bewusstseinszuständen bei anderen Wesen und schwieriger ist dies bei den niederen Thieren als beim Menschen. Doch sind wir berechtigt zu behaupten, dass die Thätigkeit der niederen nervösen Centra der Bewusstseinssphäre des Individuums entzogen ist, da, wenn in Folge der Läsion der inneren Kapsel die sensorischen Bahnen ihren Zusammenhang mit der Rinde einbüssen, dem Individuum die auf die Sinnesorgane ausgeübten Reize nicht zum Bewusstsein kommen; daraus können wir folgerichtig schliessen, dass wenigstens beim Menschen das Vorhandensein von Bewusstseinszuständen unzertrennlich verknüpft ist mit der Thätigkeit der Grosshirnhemisphären.

Die Ergebnisse nach Abtragung der Grosshirnhemisphären beweisen nichts für oder gegen die Lehre von der Functionenlocalisation, noch sprechen die Goltz'schen Versuche im geringsten Grade gegen das Vorhandensein specifischer Centra; denn, wenn sogar nach vollständiger, bilateraler Zerstörung dieser Centra die Functionen, welche erhalten bleiben, nicht über jene hinaus gehen, die bei vollständigem Mangel der Hirnhemisphären noch nachweisbar sind, dann bleibt noch die Frage offen, ob nicht die Läsionen den Verlust, oder eine Lähmung irgend einer höheren Function nach sich gezogen haben. Dass dem so ist, kann ausführlich dargethan werden, und hat insbesondere Goltz durch zahlreiche und mannigfache sinnreiche Versuche viel zum thatsächlichen Erweise hiefür beigetragen. Einfach zu sagen, dass die nach Abtragung der Hirnhemisphären sich ergebenden functionellen Defecte durch den Verlust der Intelligenz hervorgerufen werden, ist durchaus keine präcise Erklärung für die Art und Weise ihres Zustandekommens; es ist dies eine blosse Wiederholung der Thatsachen mit metaphysischer Einkleidung derselben, aber durchaus keine logische Begründung. Beim Studium der durch Zerstörung der Hirnrinde sich ergebenden Effecte können wir uns mit metaphysischen Auswegen doch nicht behelfen. Wir haben es mit von der Materie ausgehenden und auf den sensorischen und motorischen Bahnen ablaufenden Impulsen zu thun, und ist es unsere Aufgabe, womöglich die anatomischen und physiologischen Factoren zu bestimmen, die mit den Functionen, die unter dem Begriffe Intelligenz zusammengefasst werden, eng verknüpft sind. Es lässt sich auch a priori nichts gegen die Anschauung geltend machen, dass das den verschiedenen die Intelligenz zusammensetzenden Factoren zugehörige Substrat in bestimmten Regionen zu suchen sei, die einzeln zu gewissen motorischen und sensorischen Functionen in Beziehung gebracht werden. Wie bekannt, war Flourens ein heftiger Gegner der Hirnlocalisation; doch scheint Flourens nicht so sehr durch seine eigenen Versuche zu seiner Anschauung gekommen zu sein, als vielmehr durch die in seiner Zeit herrschende Vorstellung von dem einheitlichen und un-

theilbaren Begriffe der Seele und durch die damalige Reaction, die sich gegen die Organologie Galls und seiner Anhänger geltend gemacht hat. Doch müssen wir Gall nach der Richtung hin Anerkennung zollen, dass er seinen analytischen Auseinandersetzungen die inductive Methode zu Grunde gelegt und mehrere Beobachtungen von dauerndem Werte gemacht hat, wenn er auch mit seiner bekannten Theorie von der Zusammensetzung des Gehirnes aus einzelnen in ihrer Wirkung ganz selbständigen Organen, denen er in mysteriöser Weise ein einheitliches immaterielles Substrat zugrunde legt, in der wissenschaftlichen Welt nicht durchdringen konnte. Flourens fasst seine Anschauungen in folgender Weise zusammen:

„Man kann an den verschiedensten Theilen der Grosshirnlappen beträchtliche Stücke derselben abtragen, ohne die Functionen derselben aufzuheben. Es genügt somit zur Erhaltung ihrer Functionen die Intactheit eines nur kleinen Abschnittes dieser Lappen. Die allmähliche Abschwächung der Functionen erfolgt proportional zur Grösse der abgetragenen Lappenstücke, und über gewisse Grenzen hinaus erlöschen die Functionen gänzlich. Die Grosshirnlappen wirken somit in ihrer vollen und ungeschwächten functionellen Thätigkeit als ein Ganzes zusammen. Der Verlust einer Art geistiger Wahrnehmung zieht schliesslich den Verlust aller nach sich, und schwindet eine Gehirnfunction, so erlöschen auch alle übrigen. Es gibt somit keine speciellen Centra für die einzelnen besonderen Functionen und für die speciellen Wahrnehmungen." [1])

Trotzdem die Lehren Flourens' allgemein anerkannt wurden, so wurden dieselben dennoch auf Grund experimenteller Ergebnisse von einigen Physiologen, und unter diesen zumeist von Bouillaud[2]), bekämpft. Die Versuche, die Bouillaud an Tauben, Hunden und Kaninchen vorgenommen hatte, führten denselben zur Schlussfolgerung, dass nur die Abtragung der Vorderlappen des Gehirnes Symptome tiefen Blödsinns nach sich ziehe. Obgleich das Seh-, Hör- und Geruchsvermögen und die Sensibilität der operirten Thiere intact blieben, und dieselben auch ab und zu spontan und instinctiv Bewegungen ausführten, so konnte man dennoch deutlich beobachten, dass die Thiere ihre Umgebung nicht mehr erkannt, und ihnen ihre Beziehungen zu derselben abhanden gekommen sind. Sie waren überdies nicht fähig sich Nahrung zu suchen und hatten im Allgemeinen das Unterscheidungsvermögen eingebüsst. Ein Thier, sagt Bouillaud, dem die Vorderlappen des Gehirnes abgetragen wurden, bleibt im Besitze seiner sensoriellen Functionen, obgleich demselben die Fähigkeit, intellec-

---

[1]) l. c., p. 99.

[2]) „Rech. Expérim. sur les Fonctions du Cerveau et sur celles de sa portion antérieure en particulier." Journ. de Physiol. Expérim., 1830, T. X, p. 91.

tuelle Acte auszuführen, vollends mangelt; es ist dies ein Hinweis darauf, dass „Empfinden und Wahrnehmen nicht ein und dieselbe Function sind, und dass denselben eine besondere Localisation zukommt.“ Bouillaud's Versuchsergebnisse wurden bestätigt und erläutert durch meine an Affen vorgenommenen Versuche, sowie auch durch Schrader's und Goltz's Experimente an Hunden und Tauben. Bouillaud erkannte jedoch nicht, dass er durch seine Experimente mehr als eine blosse Anregung zur Localisationsfrage gegeben habe, und im Allgemeinen herrschte auch die Meinung, dass, soweit wenigstens experimentelle Thatsachen in Betracht kommen, die Lehre von der specifischen Localisation, einer sicheren Grundlage noch entbehrt. Auf Grund von klinischen Thatsachen wurden stets Einwendungen gegen jede Localisationstheorie erhoben und klinische Beobachter, wie Bouillaud selbst, Andral und Andere, hielten wohlweislich mit ihrem Urtheil inne, bis weitere Thatsachen es möglich machten, die scheinbare Verschiedenheit zwischen den Ergebnissen der menschlichen Pathologie und der experimentellen Physiologie klarzulegen.

Bouillaud[1]) gab klinische Beobachtungen bekannt, die mit Bestimmtheit auf einen Zusammenhang zwischen Läsionen der Vorderlappen und dem Verluste des Sprachvermögens hinwiesen. Dax (1836) machte zuerst aufmerksam auf das gleichzeitige Vorkommen der Aphasie mit rechtsseitiger Hemiplegie und die specielle Beziehung der ersteren zu Läsionen der linken Grosshirnhemisphäre; doch der Zusammenhang zwischen Aphemie oder Aphasie und der Läsion einer ganz bestimmten Gegend der linken Hirnhemisphäre, d. i. des basalen Antheiles der dritten Stirnwindung, wurde zuerst von Broca (1861) erkannt. Broca's Beobachtungen sind seitdem vielfach durch klinische und pathologische Untersuchungen bestätigt, und überdies noch durch das physiologische Experiment erläutert worden.

Der nächst grosse Fortschritt in der Localisationslehre knüpft sich an Hughlings-Jackson (1861)[2]), der, ausgehend vom Studium derjenigen Epilepsie-Formen, die jetzt nach ihm benannt sind, zwingende Beweise für die Annahme beibrachte, dass gewissen in der Nähe des Corpus striatum befindlichen und zu demselben in functioneller Beziehung stehenden Hirnwindungen eine directe motorische Bedeutung zukomme. Durch Reizung, oder durch einen auslösenden (discharging) krankhaften Zustand dieser Windungen werden localisirte oder allgemeine unilaterale Krämpfe der entgegengesetzten Körperhälfte hervorgerufen. Doch mit Rücksicht auf die bereits von Hughlings-Jackson hervorgehobene Thatsache, dass die durch pathologische Processe verursachten Läsionen häufig

---

[1]) Archives de Médécine, 1825.

[2]) Clinical and Pathological Researches on the Nervous System.

zu weit- und zu tiefgreifend ausfallen, als dass der Sitz des Processes mit dem beobachteten Symptomenbilde in directen Zusammenhang gebracht werden könnte, ist es vollends begreiflich, dass die Localisation der Gehirnfunctionen bei ausschliesslicher Verwertung der klinisch-pathologischen Methode verhältnismässig geringe Fortschritte gemacht hat. Die Schwierigkeit, die directen von den indirecten Wirkungen der Hirn-

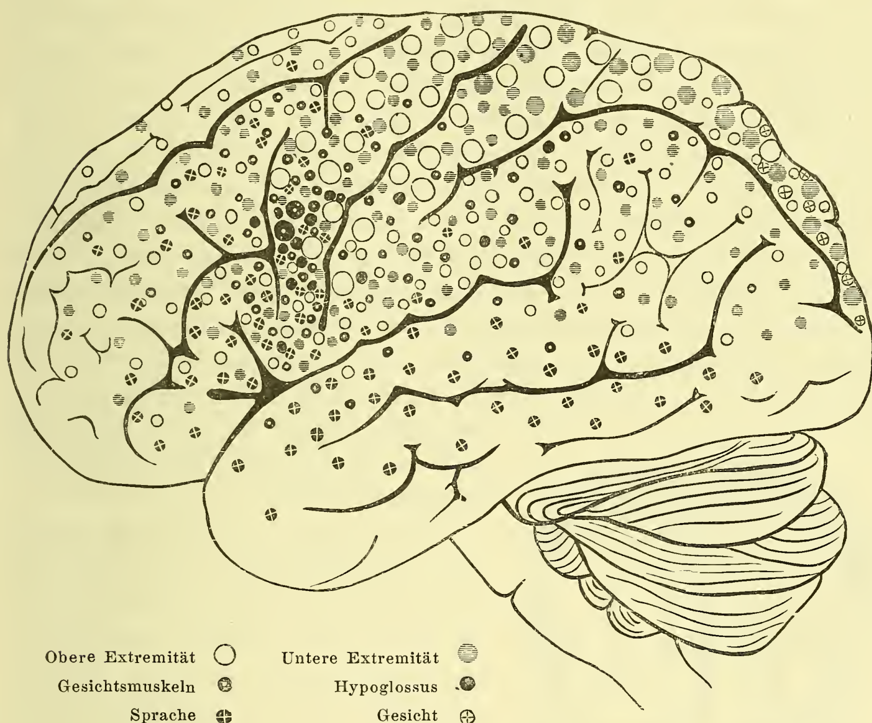


Fig. 2. Nach Exner's 25. Tafel.

Dem Schema sind grössere und kleinere Kreisflächen von je gleicher Ordnung eingezeichnet. Die grösseren Kreisflächen bezeichnen die absoluten, die kleineren die relativen Centra. Die Intensität der letzteren ist gekennzeichnet durch das enge Nebeneinanderliegen der zugehörigen Kreisflächen.

läsionen auseinander zu halten, leitet Brown-Séquard[1]) davon ab, dass durch eine Herdläsion auch entfernt gelegene Hirnpartien durch dynamischen Einfluss irritirt werden, wodurch ein Ausfall, oder eine Störung der denselben zugehörigen Functionen zu Stande kommt.

Ein Blick auf das beiliegende, von Exner[2]) auf Grundlage genauer Prüfung einer grossen Zahl von Herdläsionen der linken Hirnhemisphäre

---

[1]) Physiological Pathology of the Brain, Lancet, 1876, und Archives de Physiologie, 1877—1890.

[2]) Localisation der Functionen in der Grosshirnrinde des Menschen, 1881.

entworfene Schema zeigt Ihnen ganz deutlich, wie verschieden der Sitz der Läsion bei gleichem klinischen Symptomenbilde sein kann. So kann man beispielsweise sehen, dass, obgleich die Läsionsstellen, von welchen eine Affection der Ober-Extremität abhängt, zumeist in einer bestimmten Rindengegend gruppirt sind, es auf der Hirnrinde kaum einen Punkt gibt, dessen Läsion nicht eine ähnliche Affection nach sich ziehen würde. Auf diese und ähnliche Befunde basirte Exner seine Theorie von den absoluten und relativen Centra. Als absolute Centra bezeichnet Exner diejenigen, durch deren Zerstörung stets nur das gleiche Symptomenbild zu Stande kommt; die Läsion der relativen Centra zieht nur häufig die gleichen Symptome nach sich. Doch entbehrt nach meiner Anschauung diese Eintheilung der sicheren Grundlage, da man doch das blosse häufige Vorkommen durchaus nicht als eine feste Basis für eine causale Beziehung gelten lassen kann. Denn, wenn es vorkommen kann, was übrigens sehr häufig zutrifft, dass die sogenannten relativen Centra afficirt sein können, ohne dass eine Störung der denselben muthmaasslich zukommenden Functionen sich ergibt, und wenn weiterhin letztere bei Intactheit der relativen Centra gänzlich aufgehoben sein können, so ist es einleuchtend, dass in solchen Fällen von einer nahen Beziehung keine Rede sein kann und nur ein blosses Zusammentreffen von Thatsachen vorliegt.

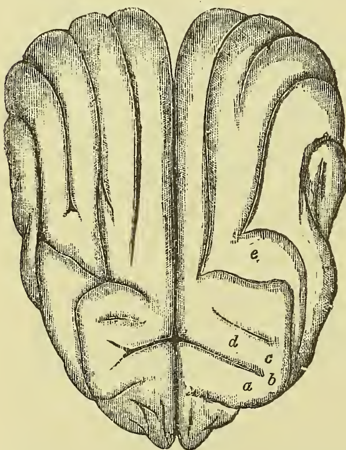


Fig. 3. Hirnrindencentra des Hundes nach Fritsch und Hitzig.

Eine ganz neue Gestaltung erhielt die Hirnphysiologie und Pathologie durch die von Fritsch und Hitzig[1]) im Jahre 1870 gemachte Entdeckung, dass durch directe elektrische Reizung bestimmter Regionen der Grosshirnrinde bestimmte Bewegungen zu Stande kommen. Da die hierher gehörigen Versuche gegenwärtig von historischem Interesse sind, entnehme ich der Originalarbeit die beiliegende Figur und füge wörtlich bei die Angaben der Autoren:

„Das Rindencentrum für die Nackenmuskeln befindet sich im lateralen Antheile des Gyrus praefrontalis (Fig. 3 a), und zwar an jener Stelle, wo die Windung steil abfällt. Das äusserste Ende des Gyrus postfrontalis enthält in der Nähe des lateralen Endstückes der Fissura frontalis (Fig. 3 b) das Rindencentrum für die Extensoren und Abductoren der

[1]) Reichert und Du Bois-Reymond's Archiv, 1870, Heft 3.

vorderen Extremität. Ein wenig hinter der genannten und näher zur Fissura coronalis (Fig. 3 c) liegen die Hauptcentra für die Flexion und Rotation der Extremität. Das Rindencentrum für das Hinterbein (Fig. 3 d) liegt ebenfalls im Gyrus postfrontalis, doch näher der Mittellinie, als jenes für das Vorderbein, und etwas weiter nach rückwärts. Das Rindenfeld für den Facialis (Fig. 3 e) bildet der mittlere Theil der oberen Sylvi'schen Windung und beträgt im allgemeinen die Länge dieses Gebietes etwas über einen halben Centimeter; es breitet sich vor und hinter der Windung über der Sylvi'schen Furche aus. Wir können nicht unerwähnt lassen, dass die Contraction der Nackenmuskeln nicht immer ausschliesslich nur nach Reizung der obgenannten Rindenstelle erfolgte. Die Rücken-, Schwanz- und Bauchmuskeln waren wir oft genug imstande durch Reizung von Rindenstellen, die zwischen den bereits angegebenen liegen, in Contraction versetzen, doch konnten wir keine circumscripte Stelle herausfinden, durch deren elektrische Reizung jene Muskelgruppen einzeln zur Contraction gebracht werden konnten. Der ganze hinter dem Facialiscentrum gelegene Theil der Rindenoberfläche erwies sich sogar bei Anwendung von unverhältnismässig grossen Stromstärken als absolut unerregbar."

Zunächst beschäftigte ich mich im Jahre 1873 [1]) mit der Frage über die elektrische Erregbarkeit der Hirnrinde und deren Bedeutung, jedoch hauptsächlich nur in der Absicht, um einen experimentellen Beweis zu erbringen für die Anschauungen Hughlings-Jackson über das Zustandekommen der einseitigen epileptischen Convulsionen. Im Verlaufe meiner experimentellen Arbeiten, welche Jackson's Lehre in deren wesentlichen Punkten vollauf bestätigten, widmete ich der Frage von der begrenzten Localisation meine vollste Aufmerksamkeit und beschränkte ich meine Untersuchungen nicht nur auf das Hundegehirn, sondern dehnte dieselben auch auf das Affengehirn und das Gehirn von Wirbelthieren der verschiedensten Classen aus. Aehnliche Untersuchungen sind auch von auswärtigen Forschern vorgenommen und bekannt gegeben worden, doch mit der grössten Exactheit wurde hiebei von den englischen Forschern Beevor, Horsley und Schäfer vorgegangen [2]). Die durch elektrische Reizung der Hirnhemisphären hervorgerufenen Erscheinungen waren und sind noch jetzt Gegenstand heftiger Meinungsdifferenzen; doch kann durchaus nicht bezweifelt werden, dass die ganze moderne Lehre von der exacten Hirnlocalisation ihren Ausgang von jenen oben erwähnten ersten elektrischen Reizungsversuchen genommen hat. — Vor der Erörterung der bei elektrischer Reizung der Rinde sich ergebenden verschiedenen eigenthümlichen Reactionen und der functionellen Bedeutung der letzteren

[1]) Experimental Researches in Cerebral Physiology and Pathology, West Riding Lunatic Asylum Reports, Vol. III. 1873.

[2]) Philos. Transact., 1888.

dürfte eine kurze Angabe über den Charakter und die Bedingungen der Erregbarkeit der Hirnrinde nicht unerwünscht sein.

Unter normalen Verhältnissen reagirt die graue Substanz der Rinde fast gar nicht auf mechanische Reize; doch gibt Luciani an, dass, obgleich die Hirnrinde auf derartige Reize nicht reagirt, er dennoch durch Reizung der Begrenzungswände des Sulcus cruciatus Bewegungen der Gliedmassen hervorrufen konnte. In gleicher Weise erwähnt auch Couty[1]), dass nach vorgenommener Unterbindung der Gehirnarterien die Hirnwindungen mechanisch erregbar wurden. Ob wir nun die Richtigkeit dieser Angaben bezweifeln oder nicht, so steht immerhin fest, dass, wie übrigens schon Franck und Pitres[2]) beobachtet haben, die Hirnrinde im entzündlichen oder congestiven Zustande, der durch Blosslegung und traumatische Läsion zustandekommt, mechanisch erregbar wird, wobei nicht nur partielle Bewegungen der entgegengesetzten Extremitäten, sondern auch ein halbseitiger epileptischer Anfall hervorgerufen wird — in der That ein experimentelles Analogon der von Hughlings-Jackson beschriebenen Reiz auslösenden Läsionen. Weiterhin wird von Einigen, beispielsweise von Landois,[3]) angegeben, dass die Hirnrinde auch chemisch reizbar sei, was jedoch in dem Sinne aufzufassen ist, dass eigentlich nur durch den in Folge chemischer Reizung hervorgerufenen entzündlichen Process der Gewebe die Erregbarkeit der Rinde zu Stande kömmt. Das wirkungsvollste Reizmittel bleibt jedoch die Application eines entsprechend starken galvanischen oder faradischen Stromes mittelst Doppelelektroden. Fritsch und Hitzig bedienten sich bei ihren Untersuchungen des galvanischen Stromes, die anderen Experimentatoren wendeten ausschliesslich den unterbrochenen Strom an, mittelst welchen am besten die charakteristischen Reactionen der corticalen Centren hervorgerufen werden können. Wenn ein Thier genügend stark narkotisirt wird, um die Spontanbewegungen desselben zu hemmen und vollständige Erschlaffung zu erzielen — die Narkose darf übrigens nicht zu tief sein, da sonst die zu erwartenden Reactionen ausbleiben —, so werden durch Application der mit dem unterbrochenen Strome verbundenen Elektroden an verschiedenen Stellen der Hirnrinde bestimmte motorische Reactionen mit solcher Gleichförmigkeit hervorgerufen, dass, wenn einmal ein Rindenfeld genau begrenzt ist, man mit Gewissheit die bei Reizung desselben zu Stande kommenden Bewegungsacte der Form und dem Umfange nach bei Thieren derselben Species jedesmal vorherbestimmen kann. Das ist eine unbestreitbare Thatsache, von der sich jedermann durch ein gewöhnliches Schulexperiment mit Leichtigkeit überzeugen kann.

---

[1]) Comptes Rendus, March, 1879.

[2]) Archives de Physiologie, 1883.

[3]) Referat im Neurologischen Centralblatt, 1890, p. 145.

Couty[1]) ist vielleicht der einzige Physiologe, dessen Versuchsergebnisse dieser Thatsache zu widersprechen scheinen; doch ist es wahrscheinlich, dass, nachdem die Versuche an nicht narkotisirten Thieren ausgeführt worden, die Reizeffecte durch aufgetretene spontane Bewegungen des Thieres verdeckt wurden, und infolgedessen regellos erschienen. Einige Abweichungen von den normalen Bewegungsacten mögen immerhin in Folge der mangelnden Symmetrie der Windungen, und noch mehr wegen der veränderlichen Erregbarkeit der Hirnrinde vorkommen. Erregbarkeitsänderungen kommen insbesonders nach wiederholter elektrischer Exploration vor, und infolge der Diffusion des elektrischen Stromes von einem Rindenfeld auf andere, welche durch vorangegangene Reizung übererregbar geworden, kommen verschiedenartige Reizeffecte zustande. Gerade die Stromschleifen, die bei jeder Reizung sich mehr oder weniger bemerkbar machen, bilden ein Haupthindernis für eine genaue Abgrenzung der Rindencentren mittelst der elektrischen Methode. Daher kommt es auch, dass die von verschiedenen Experimentatoren angegebenen Grössen der einzelnen Rindenfelder ein wenig von einander differiren; trotz der Berücksichtigung all' dieser Fehlerquellen war es denn doch möglich, bezüglich der Localisation und der Ausbreitung der Rindencentren in einem bemerkenswerten Grade eine Uebereinstimmung zu erzielen. Die extrapolare Ausbreitung des Stromes, die an dem Gehirne, ebenso wie an jedem anderen thierischen Gewebe anschaulich gemacht werden kann, wurde von Dupuy[2]) als ein nicht abweisbarer Einwand gegen die Theorie erhoben, dass die Reizeffecte nach Application der Elektroden an die Rinde nur bedingt seien durch die alleinige elektrische Erregung der Letzteren, und behalf man sich mit der blossen Erklärung, dass Reizeffecte einfach nur durch die Leitung der Ströme zu den Centren und zu den Bahnen in der Nähe der Hirnbasis hervorgerufen werden. Doch können in solcher Weise weder die bestimmt sich ergebenden Differenzen der nach elektrischer Reizung bei einander liegender Rindenfelder auftretenden Reactionen, noch der vollständige Reactionsmangel nach elektrischer Reizung der Reil'schen Insel, die der Gehirnbasis bei weitem näher liegt, als andere Rindenfelder, die stets gleichförmig in derselben Weise reagiren, befriedigend erklärt werden.

Als Haupteinwand gegen die Annahme der unmittelbaren Erregbarkeit des Cortex wurde die Thatsache hingestellt, dass sogar nach Entfernung der Hirnrinde durch elektrische Reizung der darunter liegenden Markfasern noch gleiche Reactionserscheinungen beobachtet werden. Darauf machte zuerst Burdon-Sanderson[3]) aufmerksam und wurden dessen Beob-

[1]) Le Cerveau Moteur, Archives de Physiologie, 1883.

[2]) Examen de quelques Points de la Physiologie du Cerveau, 1873.

[3]) Proceedings Royal Society, June, 1874.

achtungen von allen späteren Experimentatoren bestätigt. Doch verlieren die Markfasern nach Entfernung der Hirnrinde ihre Erregbarkeit, geradeso wie die von den Vorderhörnern des Rückenmarks getrennten motorischen Nerven, so dass nach Ablauf von vier Tagen auch bei stärkster elektrischer Reizung der Markfasern keine Reactionserscheinungen hervorgerufen werden

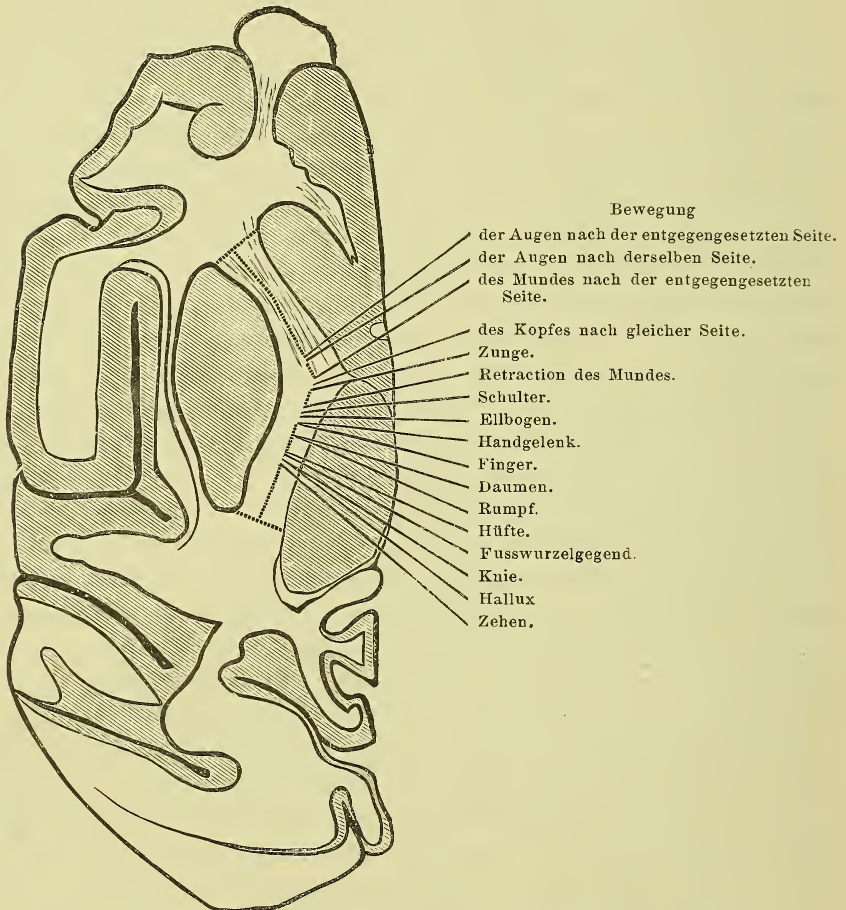


Fig. 4. Anordnung der motorischen Fasern der inneren Kapsel nach Beevor und Horsley.

können. Diese Thatsache allein macht die oben erwähnte Hypothese, nach welcher nur bei Reizung von der Hirnbasis näher gelegenen Rindenfeldern Reaction erfolgen soll, hinfällig. So wurde in ganz befriedigender Weise festgestellt, dass die den einzelnen Rindencentren zugehörigen Markbündel functionell von einander ebenso verschieden sind, wie die entsprechenden Centra, und dass, wie bereits von Franck und Pitres[1]).

[1]) Comptes Rendus de la Société Biolog., 1877.

und in neuester Zeit eingehend von Beevor und Horsley[1]) gezeigt worden, dieselben ihre individuelle Bedeutung behalten und in der inneren Kapsel in bestimmter Reihenfolge angeordnet sind.

In der beiliegenden Figur (Fig. 4), deren Abbildung mir Dr. Beevor freundlichst gestattete, sind nach den neuesten Ermittlungen jene Stellen in der inneren Kapsel bezeichnet, durch deren, wenn auch schwache, Erregung die zugehörigen, in der Figur angegebenen Bewegungsacte hervorgerufen werden. Doch daraus, weil die Markfasern erregbar sind, folgt noch nicht, dass die zugehörigen Rindenfelder unerregbar sind, und dass der Strom letztere nur passirt. Es ist a priori eher wahrscheinlich, dass den Rindenfeldern, zu denen die Markfaserbündel hinziehen, eine functionelle Verschiedenheit zukommt, und dass unter normalen Verhältnissen wir nur die graue Substanz als die Quelle aller jener Reactionserscheinungen ansehen müssen, welche wir durch elektrische Reizung hervorzurufen imstande sind. Eine vergleichende Prüfung der von der Rinde und der von den Markfasern ausgehenden Reizeffecte ergibt derartige Verschiedenheiten, die nur durch die Annahme, dass die Rindencentren selbst erregbar sind, eine befriedigende Erklärung finden.

Vorerst bestehen Meinungsdifferenzen bezüglich der relativen Erregbarkeit der grauen Substanz und der darunter befindlichen medullaren Fasern. Doch fand Putnam,[2]) dass die Markfasern minder erregbar seien als die Rinde, infolgedessen es nöthig war, um die gewöhnlichen Reizeffecte hervorrufen zu können, bei ersteren eine verhältnismässig grössere Stromstärke in Anwendung zu bringen. Auch Franck und Pitres bestätigten diese Beobachtung, und zeigten weiterhin, dass die verminderte Erregbarkeit durchaus nicht mit dem eintretenden Shock oder der Hämorrhagie in Zusammenhang gebracht werden kann, umsomehr als die benachbarte graue Substanz in gleicher Weise wie gleich Anfangs reagirte. Dieselben erbrachten auch dafür experimentelle Beweise, dass die von Richet[3]), Bubnoff und Heidenhain[4]) erhaltenen entgegengesetzten Resultate durch die Einwirkung von Chloral und Morphium, unter deren Anwendung dieselben ihre Versuche ausgeführt hatten, auf die Hirnrinde bedingt seien, denn diese Mittel heben zweifelsohne die Erregbarkeit der Rinde auf. Fritsch und Hitzig beobachteten bei ihren Versuchen, dass die Anodenschliessung bei weitem wirkungsvoller als die Kathodenschliessung sei, eine Thatsache, welche dahin gedeutet werden muss, dass der eigentliche Reiz von der in den tieferen Schichten der Rinde, den Grenzen der Markfaserbündel, befindlichen virtuellen Kathode

---

[1]) Proceedings Royal Society, Nr. 286, 1890.
[2]) Boston Med. and Surg. Journal, 1874.
[3]) Sur les Circonvolutions Cérébrales, 1879.
[4]) Pflügers Archiv für Physiologie, 1881.

ausgeht. Doch glaubt Gerber[1]) dargethan zu haben, dass diess nicht der Fall sei. Gerber gibt an, dass im Normalzustande der Hirnrinde die Kathode sich als stärkerer Reiz erweist und nur im Beginne krankhafter Veränderungen der Rinde, welche bei langdauernder Blosslegung der letzteren auftreten, die Anode überwiege. Diese Versuche würden somit darauf hinweisen, dass für das Gehirn unter normalen Bedingungen dieselben Gesetze galvanischer Erregbarkeit gelten, wie für motorische Nerven.

Ein anderer wichtiger und von Frank und Pitres zuerst hervorgehobener Unterschied zwischen den Reactionen der Hirnrinde und jenen der darunter befindlichen Markfasern besteht darin, dass das Intervall zwischen Reiz und darauffolgender Muskelcontraction für die Rinde bei weitem grösser ausfällt, als für die motorischen Nerven. Nach Abzug der für die Uebertragung des Reizimpulses durch das Rückenmark und die motorischen Nerven nöthigen Zeit beträgt für jenes Intervall die durch die Hirnrinde bewirkte Verlangsamung der Fortpflanzung des Reizes 0·045 Secunden. Nach Entfernung der grauen Substanz beträgt bei Reizung des corticalen Endes der Markfaserbündel die Verlangsamung 0·03 Secunden, somit nahezu ein Drittel weniger; von Bubnoff und Heidenhain wurde die Zeitdifferenz noch höher angegeben.

Der Grund für die verlangsamte Fortpflanzung des Reizimpulses ist darin zu suchen, dass die graue Substanz der Hirnrinde nicht bloss den elektrischen Strom zu den Markfasern ziehen lässt, sondern, gleich den anderen Nervencentren, die empfangenen Reizimpulse gleichsam aufspeichert und in specifische Energie umwandelt.

Es gibt weiterhin auch eine charakteristische Differenz zwischen den nach Reizung der Rinde und jenen nach Erregung der Markfaserbündel auftretenden Zuckungscurven; im letzteren Falle steigt die Curve plötzlich an und ist von kurzer Dauer, während im ersteren der Anstieg derselben allmählich vor sich geht, länger anhält und ihre Form häufig durch auftretenden secundären Tetanus, welcher nur bei Rindenreizung und nie bei ausschliesslicher Markfasererregung vorkommt, ein charakteristisches Gepräge zeigt. Nach wiederholter Reizung, oder bei Aufeinanderfolge einer Reihe von auf die Rinde wirkenden Impulsen, deren jeder eine Reaction hervorzurufen nicht ausreicht, reagirt die Hirnrinde in Form von tonischen Zuckungen der zugehörigen Muskelgruppen mit darauffolgenden clonischen Spasmen, somit ganz nach Art eines wahren epileptischen Anfalles. Die Krämpfe breiten sich allmählich aus und befallen in einer bestimmten, zuerst von Hughlings-Jackson angege-

---

[1]) „Beiträge zur Lehre von der elektrischen Reizung des Grosshirns," Pflügers Archiv für Physiologie, Bd. 39, 1888.

benen, Reihenfolge alle übrigen Muskelgruppen. Bei alleiniger Reizung der Markfasergruppen, und ohne Vermittlung der grauen Rindensubstanz auf der einen oder der anderen Hemisphäre, treten nie allgemeine Convulsionen ein und können auch dieselben nach Zerstörung der beiderseitigen Rindencentren durchaus nicht hervorgerufen werden. Die Dauer der Reizeffecte der Markfasern ist genau proportional derjenigen des applicirten Reizes. Im weiteren Verlaufe unserer Beobachtungen werden wir nun sehen, dass die Ergebnisse localisirter Zerstörung der Hirnrinde gleichsam das Gegenstück bilden zu den nach erfolgter Reizung derselben Rindenpartien auftretenden Wirkungen, und wir können daraus schliessen, dass die functionelle Differenzirung in der Hirnrinde dieselbe sei wie diejenige der Markfasernbündel, auch dann, wenn die eben vorgebrachten thatsächlichen Ergebnisse nicht als solche beachtet werden sollten, die unsere Behauptung rechtfertigen können.

ZWEITE

VORLESUNG.



Meine Herren! — Ich beabsichtige im Folgenden, ihre Aufmerksamkeit auf eine kurze Betrachtung der durch elektrische Reizung des Affengehirnes hervorgerufenen Phänomene zu lenken, wobei ich zumeist jene Resultate in Betracht ziehe, die meine eigenen, und insbesonders die von Horsley, Schäfer und Beevor, die in allen wesentlichen Punkten mit mir übereinstimmen, mit grossem Fleisse und grosser Geschicklichkeit vorgenommenen Experimente ergeben haben [1].

Beginnen wir unsere Untersuchungen mit dem Vorderlappen, so finden wir, dass der als Lobus praefrontalis (Gowers) bezeichnete und nach vorne von einer zum vorderen Ende des Sulcus praecentralis rechtwinklig gezogenen Linie befindliche Theil der Rinde des Stirnlappens auf elektrische Reizung nicht reagirt.

Zwischen jener Linie und dem nach oben gegen die Longitudinalspalte verlängert gedachten Sulcus praecentralis liegt ein Rindenfeld (Fig. 5, 1, 2; Fig. 6 und 7, unter „Kopf"), durch dessen Reizung Oeffnen der Augen, Erweiterung der Pupillen und Bewegungen des Kopfes und der Augen nach der entgegengesetzten Seite zustandekommen. Dieses Feld wurde von Beevor und Horsley noch weiter differenzirt, indem dieselben bei minimaler Reizung der im Diagramm (Fig. 8) bezeichneten Stellen primäre Bewegungen auslösten. Das entsprechende Rindenfeld beim Hunde ist in Fig. 9 mit 12 bezeichnet. Ein in ähnlicher Weise differenzirtes Feld kommt bei der Katze (Fig. 10), und beim Kaninchen (Fig. 11) nicht vor.

Die elektrische Reizung der am oberen Ende der Centralwindungen (aufsteigende Frontal-, aufsteigende Parietalwindung und Postero-Parietallappen) und weiter hinaus über den Hemisphärenrand gegen den Hintertheil der Randwindung oder den Paracentrallappen befindlichen Rindenpartie ruft Bewegungen der unteren Extremität hervor (1, 2, Fig. 5; Fig. 6 und 7). Entsprechend den Applicationsstellen der Elektroden auf dem erwähnten Rindenfelde kommen verschiedenartige Bewegungsacte zu-

[1]) Horsley und Schäfer, Phil. Transact., B. 20, 1888; Beevor und Horsley, Philos. Transact., B. 1890.

stande. Hinter der Rolando'schen Fissur liegen die Rindenfelder, die hauptsächlich, oder auch ausschliesslich den Bewegungen des Fusses und der Zehen dienen, und das Gebiet vor der Fissura Rolando enthält die Centra für die eben genannten Bewegungen, in Combination mit der Flexion des Beines und der Hüfte. Durch minimalen elektrischen Reiz ist man imstande, Einzelbewegungen hervorzurufen (Fig. 8); so kann im Besonderen durch Reizung des am äussersten Ende der Fissura Rolando befindlichen Rindenfeldes die grosse Zehe allein bewegt werden. Das zugehörige Rindengebiet beim Hunde, bei der Katze und beim Kaninchen ist in den Figuren 9, 10 und 11 mit 1 bezeichnet. Unter dem Rindenfelde des Beines und theilweise parallel mit demselben liegt ein Rinden-

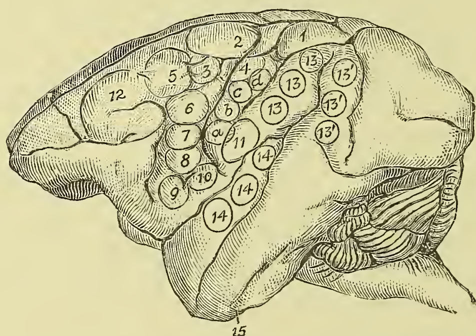


Fig. 5. Die linke Hirnhemisphäre des Affen.

1. Erhebung des Hinterbeines der entgegengesetzten Seite wie beim Gehen; 2. Beugung mit Auswärtsdrehung der Hüfte, Einwärtsdrehung des Schenkels mit Beugung der Zehen; 3. Schwanzmuskeln; 4. Adduction, Extension und Retraction des Armes der entgegengesetzten Seite, Pronation der Hand; 5. Ausstreckung des Armes der entgegengesetzten Seite; *a*, *b*, *c*, *d* Bewegungen der Finger und des Handgelenkes; 6. Beugung uud Supination des Vorderarmes; 7. Retraction und Erhebung des Mundwinkels; 8. Erhebung der Nasenflügels und der Oberlippe; 9. und 10. Oeffnen des Mundes mit Protrusion (9.) und Retraction (10.) der Zunge; 11. Retraction des Mundwinkels; 12. weites Oeffnen der Augen, Pupillendilatation und Drehung des Kopfes und der Augen nach der entgegengesetzten Seite; 13. und 13'. Bewegungen der Augen nach entgegengesetzter Seite; 14. Aufrichten des Ohres der entgegengesetzten Seite, Kopf und Augen nach entgegengesetzter Seite gedreht, maximale Pupillendilatation.

gebiet, welches das mittlere Drittheil, oder vielmehr zwei Viertel der Centralwindungen umfasst und durch dessen Reizung Bewegungen der oberen Extremität hervorgerufen werden (3, 4, 5, 6, a, b, c, d, Fig. 5 und Fig. 6 „Arm"). Auf diesem Rindengebiete kann man mehr oder weniger vollständig die einzelnen Bewegungsformen des Oberarmes (Pro- und Retraction), diejenigen des Vorderarmes (Flexion, Supination etc.), des Handgelenkes, der Finger und des Daumens erregen. Im oberen Theile des angegebenen Rindenfeldes ist das Centrum für die proximalwärts auftretenden Bewegungsacte der Oberextremität und zumeist im untersten Theile dasjenige für die distalen Bewegungen, d. i. diejenigen der Finger und des Daumens.

Durch minimale Reizung des unteren Endstückes des Sulcus interparietalis kann der Daumen ganz für sich bewegt werden (Fig. 8).

Die entsprechende Gegend im Hundehirn ist in Fig. 9 durch die Zahlen 4 und 5 im hinteren kreuzförmigen Antheile des Gyrus sigmoideus ersichtlich, und in Fig. 10, der Darstellung der linken Hemisphäre des Katzenhirnes, durch dieselben Bezeichnungen, wobei noch das mit a benannte und am vorderen Ende der zweiten äusseren Windung gelegene Rindenfeld hinzuzuzählen ist. Die elektrische Reizung der letzteren Stelle bewirkt Hervorstrecken der Klauen, eine Bewegungsart, die mit denjenigen Bewegungen des Handgelenkes und der Finger beim Affen vergleichbar ist, welche durch Erregung des unteren Theiles der aufsteigenden Parietal

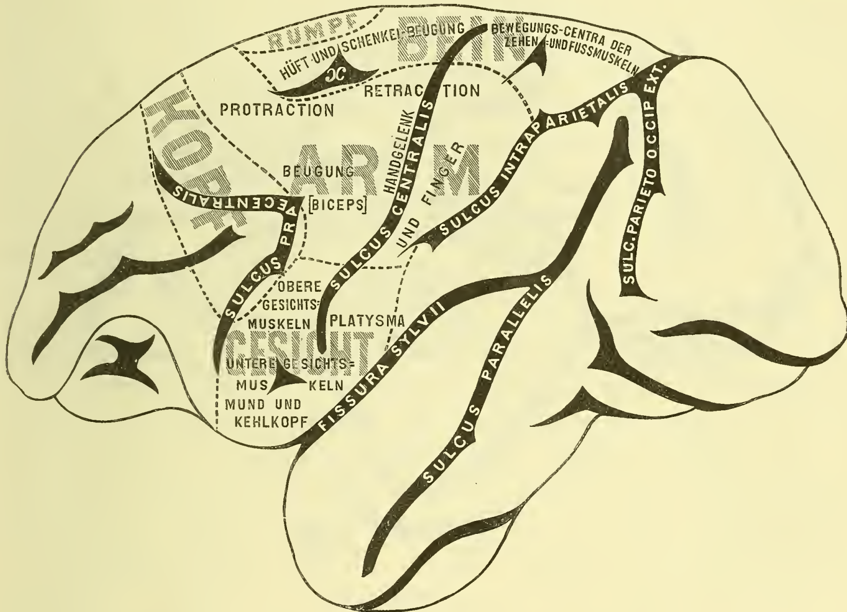


Fig. 6.

windung zu Stande kommen. In Fig. 11, welche die linke Hemisphäre eines Kaninchenhirnes darstellt, ist das entsprechende Rindenfeld durch die Zahlzeichen 4 und 5 angegeben.

Unter dem Rindengebiete der Oberextremität befindet sich ein Feld, welches das untere Drittel der Centralwindungen einnimmt, und durch dessen Reizung Gesichts-, Mund- und Zungenbewegungen hervorgerufen werden. Im oberen Theile dieses Rindengebietes liegen parallel mit der Fissura Rolando die Centra für die Bewegungen der oberen Gesichtsmuskeln (7, 8, Fig. 5), und hinter der Fissura Rolando das Centrum für das Platysma. Beim Hunde ist das entsprechende Rindenfeld relativ ausgebreiteter als beim Affen; in Fig. 9 weisen die Zahlzeichen 7 und 8 auf dasselbe hin, und in gleicher Weise ist das homologe Rindengebiet bei

der Katze in Fig. 10 und beim Kaninchen in Fig. 11 bezeichnet. — Reizung des unteren Theiles des Rindenfeldes ruft Bewegungen der Zunge und des Mundes hervor; Protrusion der Zunge kommt im Allgemeinen durch Erregung der vorderen (9, Fig. 5), und Retraction derselben durch Reizung der hinteren Stelle der unteren Gegend des genannten Rindenfeldes zustande. (10, Fig. 5).

Weiterhin wurde von Semon und Horsley[1]) gezeigt, dass durch Reizung des unteren Endstückes der aufsteigenden Frontalwindung phonetischer Schluss der wahren Stimmbänder eintritt. Phonetischer Schluss

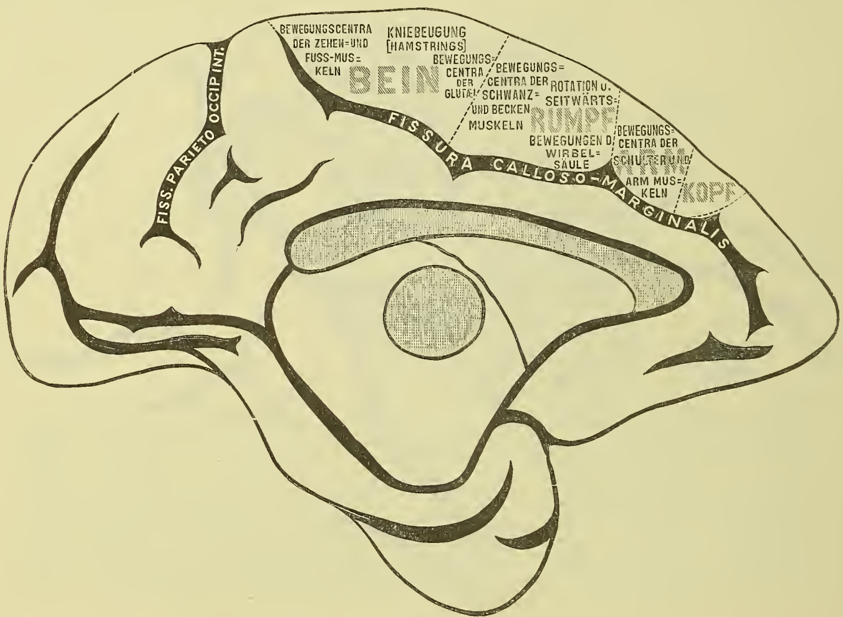


Fig. 7. Die motorischen Rindenfelder nach Horsley und Schäfer.

der Stimmbänder wurde zuerst ganz deutlich von Krause[2]) beim Hunde durch Reizung der präsigmoidalen Gegend demonstrirt, obgleich es mir[3]) mehrere Jahre vorher gleichfalls gelungen ist, durch Reizung des in der Nähe der eben bezeichneten Gegend befindlichen Rindenfeldes beim Hunde Bellen hervorzurufen; ähnliche Resultate (Miauen, Ausstossen von Schleim) erzielte ich bei der Katze, so oft ich das homologe Rindengebiet derselben erregte. Ich hob auch hervor, dass die nach Reizung des betreffenden Rindenfeldes erfolgenden Bewegungsacte ganz bestimmt bilateral sind.

[1]) On the Central Motor Innervation of the Larynx, British Medical Journal, 21. Dec. 1889.

[2]) Pflügers Archiv, 1882.

[3]) West Riding Asylum Reports, 1873.

eine Thatsache, die Krause, Horsley und Semon bezüglich der Stimmbänderbewegungen vollauf bestätigten.[1])

Die Rindenfelder für die Kopf- und Augenmuskeln, für die obere und die untere Extremität erstrecken sich über den Hemisphärenrand und setzen sich auf die innere Fläche oder die Randwindung fort. Bereits in meinen ersten Versuchen habe ich bis zu einer bestimmten Ausdehnung die Grenzen jener Felder angegeben, doch in mehr eingehender und präciser Weise wurden von Horsley und Schäfer[2]) in diesem Rindenabschnitte Reizungsversuche angestellt. Elektrische Reizung des mittleren Abschnittes der Randwindung ruft Bewegungen der Wirbelsäule, des Schwanzes und des Beckens hervor; weiter nach hinten kommen Streckung der Hüfte, Beugung des Schenkels zustande und im hinteren Winkel dieses Rindengebietes Bewegungen des Fusses und der Zehen. Diese einzelnen Bewegungsacte können aber doch nicht immer ganz gesondert hervorgerufen werden, da gewöhnlich einer in den anderen übergeht und durch die secundär auftretenden Bewegungen der verschiedenen Muskelgruppen der Extremität die zu erzielenden Einzelbewegungen verdeckt werden.

Reizung des Gyrus angularis, Pli courbe (13, 13, Fig. 5), lässt Bewegungen der Augäpfel und gelegentlich des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite zustandekommen: bei Application der Elektroden an dem vorderen oder hinteren Schenkel dieser Windung gesellen sich noch Bewegungen nach oben, oder nach unten hinzu. Das Verhalten der Pupillen ist hiebei nicht constant, gelegentlich sind dieselben verengt. Die entsprechende Rindengegend beim Hundehirn ist auf der zweiten äusseren Windung zu suchen und ist dieselbe in Fig. 9 durch das Zahlzeichen 13 ersichtlich gemacht; in Fig. 10 und in Fig. 11 ist das homologe Rindenfeld im Katzen- und Kaninchenhirn durch dieselben Zahlzeichen kenntlich gemacht.

[1]) Siehe auch: On the relation of the Larynx to the motor nervous system, by Felix Semon and Victor Horsley (Deutsche med. Woch. 1890. Nr. 31). Experimentelle Erforschung der physiologischen Beziehungen des Kehlkopfes zum Centralnervensystem mit Rücksicht auf die doppelte Function des Kehlkopfes als Athmungs- und als Stimmbildungsorgan. Gehirnrinde. — Eine Repräsentation der Athmung in der Gehirnrinde wurde bei allen zur Untersuchung gelangenden Thiergattungen vorgefunden; beim Affen geringere Ausbildung dieses Centrums als bei Katzen. Bei Katzen fand sich ein Centrum für echte Abduction der Stimmbänder dicht am Rande des Sulcus olfactorius; bei Reizung desselben: Vertiefung der Athembewegung; Reizung des Gyrus präcrucialis ergibt Beschleunigung der Athmung. — In jeder Hemisphäre sind die Adductionsbewegungen der Stimmbänder doppelseitig repräsentirt — beim Affen an der Basis der dritten Stirnwindung, bei den Carnivoren im Gyrus präcrucialis. Durch einseitige Reizung doppelseitige Wirkung. — Keine einseitige Stimmbandlähmung infolge nur einer Hemisphärenläsion. (Neurolog. Centralblatt. 1890, Nr. 31.)

[2]) Philos. Transact., vol. 179, 1888.

Bei meinen früheren Versuchen schien die elektrische Reizung des Hinterhauptlappens negative Resultate zu ergeben. Doch Luciani und Tamburini[1]) erzielten gelegentlich Bewegungen der Augäpfel, welche

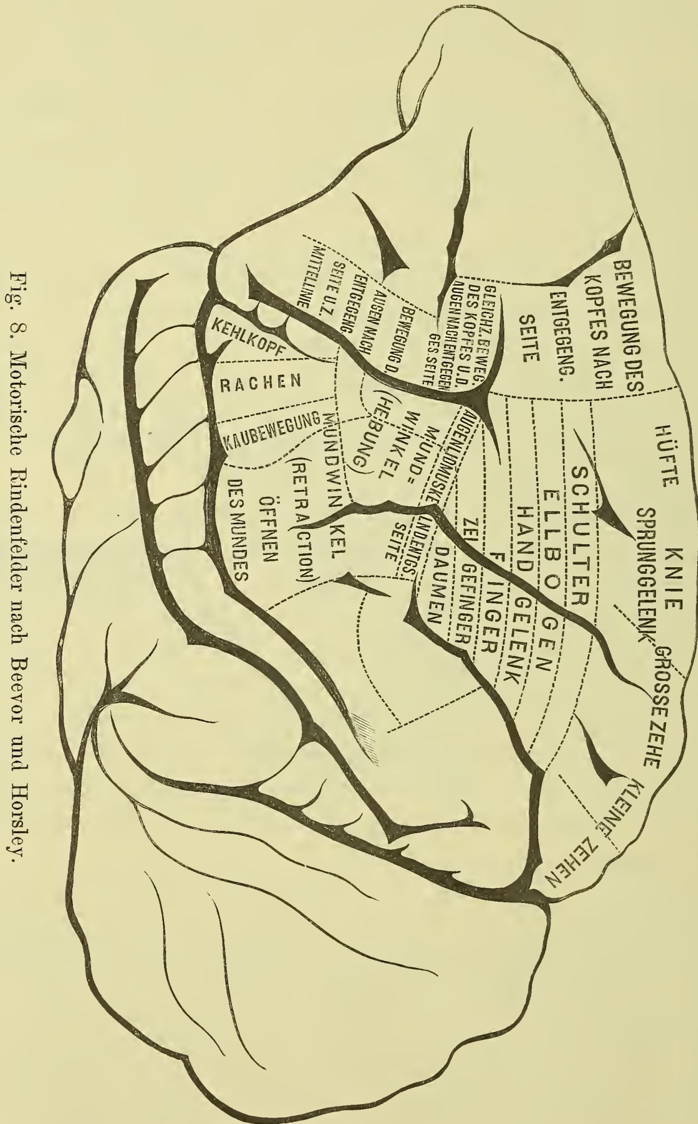


Fig. 8. Motorische Rindenfelder nach Beevor und Horsley.

denen ähnlich waren, die nach Reizung des Gyrus angularis auftreten, aber weniger markant. Auch Schäfer[2]) constatirt das Auftreten gleichartiger Bewegungen nach Reizung verschiedener Felder des Hinterhaupt-

[1]) Sui Centri Psico-Sensori Corticali, 1879.

[2]) Proc. Roy. Soc., 1888.

lappens und der demselben benachbarten Regionen. Meine eigenen, an mehreren Affen vorgenommenen Versuche, die mit den Schäfer'schen Experimenten gerade nicht in Widerspruch stehen, stimmen bezüglich ihrer Ergebnisse mehr mit denjenigen Luciani's und Tamburini's überein, und zeigen ganz deutlich, dass, obgleich nach elektrischer Reizung des Hinterhauptlappens Bewegungen der Augäpfel zustandekommen, dieselben jedoch gewöhnlich minder constant auftreten, und weniger leicht hervorgerufen werden können als nach Erregung des Gyrus angularis.

Durch Reizung der oberen Schläfenwindung (14, Fig. 5) wird das entgegengesetzte Ohr aufgerichtet, die Augen werden weit geöffnet, die Pupillen erweitert und Kopf und Augen nach entgegengesetzter Seite

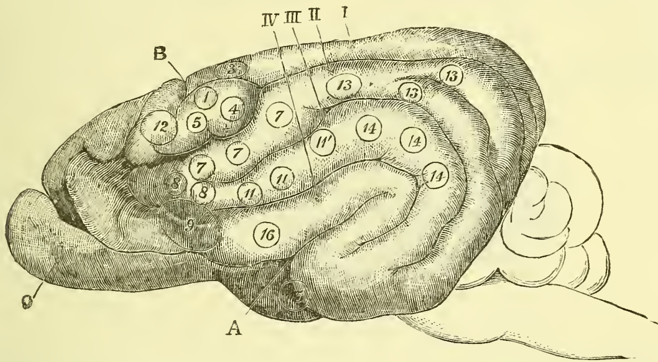


Fig. 9. Linke Hemisphäre des Hundehirns.

1. Vorwärtsbewegung der Extremität der entgegengesetzten Seite; 3. Wedeln des Schwanzes; 4. Retraction und Adduction der vorderen Extremität der entgegengesetzten Seite; 5. Erhebung der Schulter und Extension der Vorderextremität der entgegengesetzten Seite nach vorne; +, Beugung der Pfote; 7. Contraction des Orbicularis oculi und der Zygomatici; 8. Retraction und Elevation des Mundwinkels der entgegengesetzten Seite; 9. Oeffnen des Mundes und Zungenbewegungen; 11. Retraction des Mundwinkels; 12. Weites Oeffnen der Augenlider nebst Pupillendilatation und Bewegungen der Augäpfel und des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite; 13. Bewegung der Augäpfel nach der entgegengesetzten Seite; 14. Aufrichten oder plötzliche Retraction des Ohres der entgegengesetzten Seite; 15. Drehung der Nase auf der gleichen Seite.

gedreht. Genau die gleiche Reaction ergibt sich nach Reizung des hinteren Astes der dritten äusseren Windung des Hundehirns (14, Fig. 9), und in gleicher Weise bei Reizung der homologen Gegend des Katzenhirnes (Fig. 10) und des Kaninchenhirnes (Fig. 11). Manchmal kommen nur Bewegungen des Ohres vor und hie und da versucht das Thier, als wenn es plötzlich in Schreck versetzt worden wäre, rasch vom Tische abzuspringen.

Reizung des Lobus hippocampi oder des vorderen Endtheiles des Gyrus hippocampi ruft bei Affen, Hunden, Katzen und Kaninchen ganz die gleichen Symptome hervor, nämlich Drehung der gleichseitigen Nasenhälfte, gerade so wie nach directer Reizung der letzteren. Reizung des Gyrus hippocampi rief gelegentlich ebensolche Bewegungen hervor,

wie sie nach directer Reizung der Extremitäten der entgegengesetzten Seite sich einstellen. Irgend ein constantes Ergebnis nach Reizung des übrigen Theiles des Schläfelappens oder der weiteren noch restirenden Rindenfelder konnte ich nicht erzielen.

Was bis nun angegeben worden, ist in Kurzem eine Zusammenstellung der nach elektrischer Reizung der verschiedenen Hirnrindenfelder auftretenden Erscheinungen. Diese Versuchsergebnisse weisen mit Bestimmtheit auf eine Form functioneller Differentiation hin, und es ist selbstverständlich, dass sich bei Vergleichung der entsprechenden Rindenfelder beim Affen-, Hunde-, Katzen- und Kaninchenhirne grosse Differenzen bezüglich der relativen Ausbreitung derselben und des Charakters der Bewegungsacte ergeben, welche mit den Rindenfeldern in Beziehung

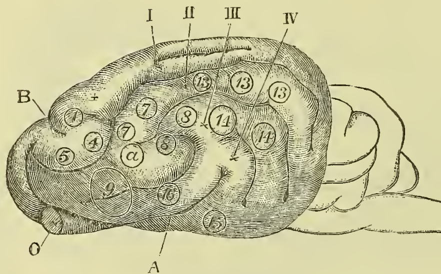


Fig. 10. Linke Hirnhemisphäre der Katze.

1. Vorwärtsbewegung der hinteren Extremität der entgege. gesetzten Seite; 4. Retraction und Adduction des Unterschenkels der entgegengesetzten Seite; 5. Erhebung der Schulter mit Beugung des Vorderarmes und der Pfote; *A.* Greifbewegung der Pfote mit Protrusion der Krallen; 7. Erhebung des Mundwinkels und der Wange mit Schliessung des Auges; 8 Retraction nebst geringer Erhebung des Mundwinkels und Ab- und Vorwärtsziehen des Ohres; 9. Oeffnen des Mundes und Bewegungen der Zunge; 13. Bewegungen der Augäpfel nach der entgegengesetzten Seite; 14. Aufrichten des Ohres, Bewegung des Kopfes und der Augen nach der entgegengesetzten Seite; 15. Erhebung der Lippe und Drehung der Nase nach derselben Seite; Divergenz der Lippen.

zu setzen sind. Ob zwischen Affen- und Menschenhirn ein vollständiger Parallelismus besteht, ist eine Frage, die bis vor Kurzem nur an der Hand der bei localisirten Läsionen sich ergebenden Thatsachen erörtert werden konnte. Bartholow[1]) und Sciamanna[2]) hatten, ersterer in einem Falle carcinomatöser Ulceration, letzterer nach vorgenommener Trepanation, bei Reizung der Hirnrinde von der Dura mater aus Bewegungen der gegenüberliegenden Körperhälfte beobachtet; doch ermangelten die Versuche derselben, obgleich deren Resultate noch im Allgemeinen mit denjenigen übereinstimmen, die sich nach den an Affen vorgenommenen Experimenten ergeben, der nöthigen genauen Ausführung.

In neuerer Zeit jedoch sind von Chirurgen in mehreren geeigneten Fällen behufs genauer Umgrenzung jener Rindenfelder, deren Exstirpation

---

[1]) Amer. Journ. Med. Sciences, April 1874.

[2]) Arch. di Psychiatria, 1882.

zur Heilung focaler Epilepsie notwendig erschien, schwache Reizungen der Hirnrinde mittelst des faradischen Stromes vorgenommen worden. Ein derartiger Fall wurde von Horsley bekannt gegeben, und mehrere andere wurden von Mills in dessen beachtenswerter Arbeit über Hirnlocalisation, in ihrer praktischen Verwertung und Bedeutung, mitgetheilt[1]). In einem Falle waren die unteren Hälften der beiden Centralwindungen — das hintere Endstück der zweiten Stirn- und der hintere obere Ast der dritten Stirnwindung — in der linken Hemisphäre blossgelegt. „Behufs genauer Localisirung der zur Excision bestimmten Centra wurden mittelst des unterbrochenen Stromes an der Hirnrinde sorgfältige Reizungsversuche vorgenommen. Nach mehreren Versuchen wurden in Form von ganz bestimmten Bewegungsacten vier distincte Reactionen erzielt: 1. Conjugirte Deviation des Kopfes nach entgegengesetzter Seite bei Reizung des vordersten Antheiles der exponirten Rindenpartie; 2. Reizung der von ersterer etwas weiter nach unten und hinten gelegenen Stelle ergab

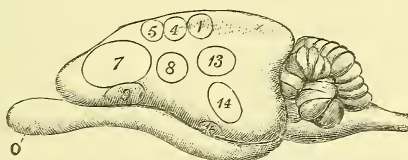


Fig. 11. Linke Hemisphäre des Kaninchenhirns.

1. Vorwärtsbewegung der hinteren entgegengesetzten Extremität; 4. Retraction nebst Adduction der entgegengesetzten Vorderextremität; 7. Retraction und Elevation des Mundwinkels; 8. Schluss des Auges der entgegengesetzten Seite; 9. Oeffnen des Mundes nebst Bewegungen der Zunge; 13. Hervortreten des Auges der entgegengesetzten Seite, zeitweilige Drehung des Kopfes nach der anderen Seite; 14. Rasche Rückwärtsbewegung und Aufrichten des Ohres der entgegengesetzten Seite; Drehung oder Schliessung der Nase.

ein Verziehen des Mundes nach aussen und oben; 3. etwa einen halben Zoll über dem Rindencentrum für die Bewegungen des Mundwinkels liegt das Centrum für die Extension des Handgelenkes und der Finger; 4. nach Reizung der hinter und über letzterer Stelle gelegenen Felder erfolgte Flexion der Finger und des Handgelenkes. Dauerte die faradische Reizung an den zuletzt bezeichneten Rindenfeldern an, und nahm dieselbe allmählich zu, dann trat nacheinander Flexion der Finger, des Daumens, des Handgelenkes und des Vorderarmes auf und schliesslich nahm die ganze Extremität eine „flügelähnliche“ Haltung an. Die Reizungsversuche wurden in Gegenwart dreier Collegen ausgeführt, die ganz genau die Reihenfolge und den Charakter der einzelnen Bewegungsacte vom Beginn an notirten.“

Keen[2]) theilt über einen zweiten ähnlichen Fall folgendes mit: „Durch elektrische Reizung der Hirnrinde an einer Stelle, die augen-

[1]) Vortrag gehalten vor dem Congresse in Washington den 19. September 1888; abgedruckt im Brain, 1889.

[2]) Americ. Journ. Med. Sciences, November 1888.

scheinlich der vorderen Portion der Praerolando'schen Windung entsprach, und welche knapp unter der Fissura praecentralis gelegen ist, wurden Bewegungen des Handgelenkes und der Finger hervorgerufen. Bei Reizung verschiedener Punkte jener Stelle extendirte die Hand in der Mittelebene, ferner gegen die Ulnarseite, wobei die Finger gestreckt und gespreizt wurden. Ueber dem eben bezeichneten Rindenfelde rief die elektrische Reizung Beugung und Streckung des linken Ellbogens und Erheben und gleichzeitige Abduction der Schulter hervor, und unterhalb jener Region wurde durch die Stromesapplication eine nach oben gerichtete Bewegung der ganzen linken Gesichtshälfte erzielt." Diese Versuchsresultate stimmen genau überein mit den bereits früher bezüglich der Lage der verschiedenen Centren gemachten Angaben.

In einem anderen von Lloyd und Deaver[1]) mitgetheilten Falle war in der rechten Hirnhemisphäre ein Rindengebiet blossgelegt, das der Gegend zwischen dem mittleren und unteren Drittel der Centralwindungen entsprach. Die Application der Elektroden an einer knapp hinter der Rolando'schen Fissur gelegenen Stelle bewirkte der Reihe nach Beugung des Daumens palmarwärts, Beugung der Finger, Beugung des Handgelenkes mit gleichzeitiger Beugung des Ellbogens. Wurde eine mit der bezeichneten Gegend parallele und von derselben nach Unten gelegene Stelle gereizt, so contrahirten sich die Gesichtsmuskeln der entgegengesetzten Seite.

In einem vierten von Nancrede[2]) veröffentlichten Falle wurden durch Reizung einer dem zweiten unteren Viertel der aufsteigenden Parietalwindung entsprechenden Stelle Bewegungen des Daumens hervorgerufen. All' diese Versuchsresultate stehen in vollster Harmonie mit denjenigen, welche nach Reizung der Affenhirnrinde erhalten wurden, und wir haben demgemäss vollkommen Grund zu glauben, dass ceteris paribus die functionellen Verhältnisse der menschlichen Hirnrinde identisch sind mit denjenigen der höheren Thiere.

Die durch die elektrische Reizmethode gewonnenen Resultate berechtigen uns zu der Behauptung, dass das gesammte Rindengebiet, ob nun die einzelnen Segmente einer Extremität für sich auf der Rinde localisirt sind, oder ob denselben mehr oder weniger bloss ein gemeinsames Rindenfeld zugehört, in einzelne von einander functionell verschiedene Rindenfelder zerfällt. Es kommen somit durch Reizung der Rindenfelder des Facialis keine Bewegungen der Unterextremitäten zustande und in gleicher Weise durch Erregung der Beincentra keine Contractionen der Gesichtsmuskeln. Das Facialiscentrum und das Beincentrum sind daher vollständig von einander geschieden und beide vom Rindenfeld des

---

[1]) Amer. Journ. Med. Sciences, November 1888.

[2]) Medical News, 24. November, 1888.

Oculomotorius. Anstossende Rindenfelder sind demgemäss in gleicher Weise functionell different, wie von einander entfernt liegende, und die Thatsache, dass durch Reizung an dem Rande eines Rindenfeldes Bewegungsacte, welche den zwei anstossenden Rindenfeldern zugehören, zustande kommen, gestattet durchaus nicht den Schluss, dass jene Grenzstelle gleichzeitig mehrere Functionen auslöst, wie etwa beispielsweise gleichzeitig diejenige der Ober- und Unterextremität, oder der Oberextremität und der Gesichtsmusculatur.

Die einzig richtige Erklärung für dieses Verhalten scheint in dem Umstande zu liegen, dass die Reizungsmethode vollständig unzulänglich ist, um die Grenzen der einzelnen Centren genau festzustellen. Die Diffusion eines gesetzten Reizes bringt es stets mit sich, dass zwei aneinander liegende Rindenfelder zu gleicher Zeit in Erregung versetzt werden. Auch sind wir, wenn wir mittelst der Destructionsmethode die einzelnen Centra von einander zu scheiden nicht im Stande sind, daraufhin gar nicht berechtigt ein functionelles Zusammenfliessen zweier Rindenfelder anzunehmen, indem eine, wenn auch geringfügige an der Grenze eines Rindenfeldes befindliche destructive Läsion geeignet ist die Functionen von mehr als einem Rindencentrum zu schädigen. Im Folgenden werden noch weiterhin Thatsachen mitgetheilt werden, welche meines Erachtens die Behauptung rechtfertigen, dass die Rindenfelder als Ganzes ebenso unter einander differencirt sind, wie etwa ein Sinnesorgan vom anderen.

Hinsichtlich der einzelnen selbständigen Bewegungsacte einer Extremität haben wir beobachtet, dass, obgleich eine Einzelbewegung durch eine minimale Reizung einer bestimmten Stelle innerhalb des Hauptcentrums häufig isolirt zustande kommen kann, der gleiche Bewegungsact auch zugleich mit anderen Bewegungen auftritt, wenn irgend eine andere Stelle des Rindencentrums gereizt wird. Dies lässt sich durch die Annahme erklären, dass entweder die Einzelbewegung, wie beispielsweise eine solche des Daumens, durch das gesammte Gebiet des Armcentrums repräsentirt wird, oder dass dieselbe durch Diffussion des Reizes von einer Stelle auf die andere hervorgerufen wird. Es ist somit schwierig zu entscheiden, welche von den beiden Behauptungen die richtige sei, und es scheint wol, dass keine von beiden vollkommen dem wahren Sachverhalt nahekommt. Sind doch die in Folge der Hirnrindenreizung auftretenden Reactionen der Extremitäten nicht als blosse einzelne Muskelcontractionen aufzufassen, sondern als synergische Bewegungen, durch welche ein coordinirter Bewegungsact zustandekommt, und insofern als, wie die von Professor Yeo und mir[1]) vorgenommenen Unter-

[1]) Proc. Roy. Soc., 1881, The functional Relations of the Motor Roots of the Brachial and Lumbo-sacral Plexuses.

suchungen erwiesen haben, die gleichen Muskeln oder Muskelgruppen an dem Zustandekommen der differenten, längs der Bahnen der zugehörigen Nervenwurzeln des Brachial- und Cruralplexus ablaufenden Bewegungsacte betheiligt sind, mögen auch dieselben Muskelgruppen in den verschiedenen Bezirken des zugehörigen allgemeinen Rindenfeldes vielfach centralwärts vertreten sein. Es hat somit den Anschein, als ob in den corticalen Feldern die Differentiation bei weitem ausgeprägter ist, als in den zugehörigen Segmenten der Brachial- und Cruralanschwellungen des Rückenmarks. Doch widerspricht nach meiner Anschauung die Annahme, dass ausserhalb des eigentlichen Rindencentrums einer Extremität letzterer noch mehrfache centrale Innervationsstellen zugehören sollen, ganz und gar den durch die Methode der elektrischen Reizung und diejenige der Abtragung, oder auch durch beide zugleich sichergestellten Thatsachen der Localisation.

Zunächst haben wir die wichtigste und bereits vielfach erwogene Frage rücksichtlich der Bedeutung der nach elektrischer Reizung der verschiedenen Rindengebiete erfolgenden motorischen Reactionen zu erörtern. Obgleich viele in solcher Weise hervorgerufene Bewegungsacte in ganz evidenter Weise den Charakter der Zweckmässigkeit an sich tragen, so folgt noch nicht daraus, dass dieselben als unmittelbare Reaction der directen Reizung der motorischen Rindenfelder anzusehen sind, da jene Bewegungsäusserungen durch irgend einen psychischen Zustand hervorgerufen sein können, der physiologisch nicht näher bezeichnet werden kann; es ist auch nicht ausgeschlossen, dass dieselben reflectorischer Natur und infolgedessen nicht wesentlich verschieden sind von den durch peripheren Reiz veranlassten Bewegungen, und schliesslich kann man sich auch denken, dass jene Bewegungsacte durch Erregung von Gehirnpartien zustandekommen, welche mit den motorischen Bahnen und den motorischen Nerven direct in Verbindung stehen. Die Methode der elektrischen Reizung allein ermöglicht nicht die Lösung dieser Fragen und bedarf dieselbe demgemäss als nothwendiger Ergänzung der Methode der Abtragung, die bei denjenigen Rindenfeldern zu erproben ist, deren Reizung bestimmte motorische Reaction zustandekommen lässt.

Eine sorgfältige Beobachtung der bei verschiedenen Thierclassen sich ergebenden Reactionen und die Thatsache, dass in manchen Fällen von verschiedenen Rindenfeldern aus gleichartige Bewegungsacte hervorgerufen werden können, regten in mir den Gedanken an, dass letzteren eine verschiedene ursächliche Bedeutung zu Grunde liegen müsse, und stellte ich demgemäss die Hypothese auf, dass jene gleichartigen Bewegungsäusserungen das einemal bedingt sein können durch Erregung der zugehörigen motorischen Rindenfelder, und ein anderesmal nur als eine infolge subjectiver Sensation auftretende Begleiterscheinung aufzufassen

seien. Um für diese Hypothese eine concrete Grundlage zu schaffen, nahm ich Experimente vor, die ausschliesslich in der Abtragung umgrenzter Rindenfelder bestanden, und gelang es mir auf diesem Wege die Existenz sensorischer Centra und solcher für die verschiedenen Formen der Sensibilität in gleicher Weise, wie jene von rein motorischer Natur, nachzuweisen. Das Vorhandensein distincter sensorischer Centra ist durch nachfolgende physiologische und klinische Untersuchungen bestätigt worden und gewährt mir hiebei der Umstand volle Befriedigung, dass die Irrthümer, die ich bei der Bestimmung der verschiedenen sensorischen Felder begangen habe, mehr im negativen, als im positiven Sinne hinzunehmen sind, und dass die von mir für die einzelnen sensorischen Centra bezeichneten Bezirke zum Theil wenigstens mit jenen Stellen sich decken, welche nach den zuverlässigsten experimentellen und klinischen Untersuchungen als sensorische Rindenfelder aufgestellt wurden.

Die Sehcentra.

Vorerst möchte ich Ihre Aufmerksamkeit auf die Erörterung der Reactionen lenken, die nach Reizung der Regio occipito-angularis bei Affen und der homologen Gegend bei den niederen Thierclassen zustandekommen. Die Reizungsergebnisse bestehen, wie wir bereits beobachtet haben, in Bewegungen der Augäpfel und ab und zu in Bewegung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite; häufig gesellen sich auch Bewegungen der Pupillen, die das einemal sich contrahiren, ein anderesmal wieder dilatiren. Ich habe gefunden, dass man die genannten Bewegungsacte am leichtesten und in gleichförmiger Weise durch Reizung des vorderen und hinteren Astes des Gyrus angularis hervorrufen kann. Bei Erregung des vorderen Astes des genannten Gyrus erlangen die seitlichen Bewegungen zugleich eine Richtung nach oben und bei Reizung des hinteren Astes eine solche nach unten. Durch elektrische Reizung des Hinterhauptlappens werden ebenfalls, wie Luciani und Tamburini zuerst gefunden haben, Bewegungen der Bulbi hervorgerufen. Schäfer, der den vorderen Ast des Gyrus angularis bei seinen Untersuchungen beiseite lässt, obgleich derselbe, wie ich gefunden, gerade so erregbar ist, wie der übrige Antheil dieser Windung, erzielt nicht nur bei Reizung des hinteren Astes des Gyrus angularis, sondern auch des oberen Endtheiles der mittleren Schläfewindung, die unmittelbar hinter der äusseren Fissura parieto-occipitalis und zu beiden Seiten der inneren Parieto-occipitalfurche sich in den Hinterhauptlappen erstreckt, Bewegungen der Augen nach abwärts. Bei Reizung der unteren Fläche des Hinterhauptlappens, des unteren Theiles der Medialfläche desselben Lappens und der

unteren Randpartie seiner convexen Oberfläche erhielt er Abwärtsbewegungen. Wurde der Rest der convexen Fläche des Hinterhauptlappens und ein schmaler Streifen der medialen Fläche längs dem Rande der grossen Längsfurche elektrisch gereizt, so kam es zu einer einfachen Seitwärtsbewegung der Augen. Der mittlere Theil der medialen Oberfläche des Hinterhauptlappens scheint in dieses Schema nicht einbegriffen zu sein.

Meine Annahme, dass die erwähnten Kopf- und Augenbewegungen nur die Kennzeichen erregter subjectiver Gesichtsempfindung seien und durch die gemeinsame Action der frontalen oder der subcorticalen Oculomotoriuscentra zustande kommen, findet Bestätigung durch die Versuche Schäfer's, die derselbe über die Latenzperioden, nach welchen bei Reizung der frontalen und der occipito-temporalen Rindenfelder die Augenbewegungen sich einstellen, vorgenommen hat.[1]) Das Resultat der an mehreren Affen vorgenommenen vergleichenden Untersuchung bestand in dem Nachweise, dass bei Reizung des Occipitallappens die Latenzperiode um mehrere Hundertel einer Secunde diejenige nach Reizung des Oculomotoriuscentrums der Frontalregion auftretende übertrifft, ein Beweis dafür, dass im ersteren Falle die nervösen Impulse mindestens ein Nervencentrum mehr, als im letzteren passiren müssen. Dies würde mit der Hypothese übereinstimmen, dass in dem einen Falle die Bewegungen reflectorischer Natur, in dem anderen directe waren. Die Thatsache, dass die Bulbusbewegungen auf Reizung der Regio occipito-angularis noch hervorgerufen werden können, wenn auch die frontalen Rindenfelder vollständig zerstört worden sind, zeigt dass dieselben nicht nothwendig hinweisen auf die associirte Action dieser Rindencentra, sondern dass jene Bewegungen, wenn dies auch nicht immer so der Fall sein mag, durch Reizung der Oculomotoriuscentra im Corpus quadrigeminum erfolgen.

Danillo[2]) hat gefunden, dass unbeschadet der Trennung der zwischen dem Occipitallappen und der Frontalregion befindlichen Associationsfasern die Bulbusbewegungen erfolgen, während Bechterew[3]) und Munk[4]) nachgewiesen haben, dass jene Bewegungen bei Trennung der knapp darunter liegenden Medullarfasern vollständig aufgehoben werden. Von Danillo und Bechterew ist es bestritten worden, dass die Bulbusbewegungen demgemäss als Reaction subjectiver Gesichtsempfindungen nicht angesehen werden können. Doch auch dann könnte dies nicht widerlegt werden, wenn sogar nach Zerstörung der grauen Substanz jene Bewegungen fortdauern, indem dann die Reizung der

[1]) Proc. Roy. Soc., 13. Februar, 1888.

[2]) Archives de Neurologie, Vol. XVIII, 1889, p. 145.

[3]) Neurolog. Centralblatt, 15. September, 1889.

[4]) Sitzungsberichte der Akad. d. Wissensch. zu Berlin, XVI. Bd., Januar, 1890.

Medullarfasern derjenigen der Rinde selbst gleichkäme. Wir können mit Munk behaupten, dass zwischen der Hinterhauptsrinde und den Oculomotoriuscentren radiale oder centrifugale Fasern ausgebreitet seien, und dass Reizung der centralen Ausbreitungsstelle dieser Bahnen praktisch denselben Effect hervorrufen würde, wie die unmittelbare Reizung der Centren, zu welchen jene Bahnen hinziehen.

Die Regio occipito-angularis bildet das Sehcentrum der Hirnrinde. Vollständige Zerstörung dieses Rindenfeldes auf einer Hemisphäre zieht dauernde Hemianopie nach der entgegengesetzten Seite infolge von Paralyse der correspondirenden Hälften beider Netzhäute nach sich, während beiderseitige Zerstörung complete und andauernde Blindheit beider Augen bewirkt. Ausser dem Verluste des Sehvermögens sind keinerlei sensorische oder motorische Defecte nachweisbar; die Sensibilität des Augapfels ist intact und die Bulbusbewegungen sind ungeschwächt. Es besteht weiterhin keine Abnahme der Sensibilität, oder der motorischen Kraft der Extremitäten, und auch die übrigen speciellen Sinnesfunctionen sind nicht afficirt. Bei einseitiger oder doppelseitiger unvollständiger Zerstörung des Occipito-angular-Gebietes ist die entstehende Hemianopie in dem einen Falle keine dauernde, noch wird im anderen Falle die Blindheit permanent.

Durch meine früheren Untersuchungen machte sich bei mir die Anschauung geltend, dass nur die Gyri angulares die Sehcentren repräsentiren, und war diese Behauptung durch die nach Läsionen der Gyri angulares sich ergebenden positiven Effecte und ausserdem durch die negativen Resultate nach Zerstörung beider Hinterhauptlappen, vorausgesetzt, dass die Läsionen über die Fissura parieto-occipitalis sich nicht erstreckten, gestützt. Im letzteren Falle schien es, dass das mangelhafte Sehvermögen, oder die gelegentlich auftretende totale Blindheit bedingt waren durch die Aufhebung der Functionen, resp. durch die Trennung der Associationsfasern der Gyri angulares selbst. Ich zeige Ihnen hier eine Photographie des Gehirnes eines meiner früheren Versuchsthiere [1]). Beide Hinterhauptlappen wurden gleichzeitig entfernt; durch die consecutive Encephalitis wurde die Ausbreitung der primären Läsionen vergrössert. Sie sehen, dass auf der rechten Seite nicht nur der Hinterhauptlappen, sondern auch der angrenzende Theil des hinteren Astes des Gyrus angularis abgetragen worden ist; auf der linken Seite ist der Gyrus angularis auf seiner Oberfläche intact, doch die Medullarfasern der Schnittfläche sind infolge des Ausbreitung eines entzündlichen Processes bedeutend beschädigt. Ungeachtet dieser ausgedehnten bilateralen Läsion konnte man ganz deutlich eine Stunde nach vorgenommener Operation das Vorhandensein von

[1]) 24. Versuch, Phil. Transact., Vol. CLXV, part. 2, 1875.

Gesichtswahrnehmungen beim Thiere constatiren, denn dasselbe lief davon beim Anblicke drohender Geberden. Eine nachfolgende spätere Untersuchung stellte die Thatsache fest, dass das Sehvermögen etwas abgenommen hat, was sich durch den Mangel an Präcision beim Ergreifen der dem Thiere vorgehaltenen Gegenstände bemerkbar machte. Abgesehen von diesem leichten Defect des Sehvermögens konnte keine Abschwächung irgend welcher functioneller Fähigkeit des Thieres nachgewiesen werden, welches auch bis zu seinem in Folge einer zweiten, drei Wochen nachher vorgenommenen Operation, der Zerstörung des grössten Theiles beider Stirnlappen, erfolgten Tode seine Geschicklichkeit bewahrte. Jene zweite Operation verursachte keine weitere Abschwächung des Sehvermögens des Versuchsthieres, — eine Thatsache, die von grosser Wichtigkeit ist mit Rücksicht auf die Frage von der Beziehung der Stirnlappen zum Gesichtssinne.

Sobald bei diesem, sowie auch bei anderen Versuchsthieren, die ähnliche Symptome darboten, die Läsionen die Gegend der Parieto-occipitalfurche und den Gyrus angularis umfassten, schrieb ich die Ursache des abnehmenden Sehvermögens letzterem Umstande zu, denn, wenn die Schnittlinie der Hinterhauptlappen von der genannten Fissur entsprechend entfernt war, so war keine Abnahme des Gesichtssinnes zu constatiren. In solcher Weise wurden bei einem Affen die Hinterhauptlappen freigelegt und durch das Cauterium die Oberfläche derselben zerstört; es wurde noch weiter in die Tiefe der Hinterhauptlappen vorgedrungen und die Markfasern in ihrer oberen Ausbreitung zerstört. Die Operation wurde eines Tages gegen 3·30 Uhr Nachmittags vollendet. Im nachfolgenden die Bemerkungen über das Befinden des Thieres:

„4·10 Uhr Nachmittags. Nachdem das Thier bis jetzt in einem stuporösen Zustande dagelegen, beginnt es sich zu bewegen, doch taumelt es zumeist hin und her. Die Augen sind offen und die Pupillen erweitert. Beim Rufen drehte es seinen Kopf um, was auf Vorhandensein von Bewusstsein schliessen liess."

„5·45 Uhr Nachmittags. Auffallende Zeichen von intacter Gesichtswahrnehmung. Das Thier ging vorsichtig Hindernissen aus dem Wege und lief bei meiner Annäherung davon. Da es sah, dass die Thüre seines Käfigs offen stand, ging es hinein und stieg auf die daselbst befindliche Querstange, wobei es einer Katze, die sich im Käfige niedergelassen hatte, vorsichtig aus dem Wege ging. Es entfloh, wenn ich es mit der Hand zu erfassen suchte, und fand eine Traube, die ich in den Käfig gelegt hatte" [1]).

---

[1]) Experiment XXII, Philos. Transact. Vol. CLXV, part 2, p. 25.

Ungeachtet der ausgedehnten Zerstörung beider Hinterhauptlappen konnte bei dem Thiere etwas mehr als zwei Stunden nach vorgenommener Operation Intactheit des Sehvermögens nachgewiesen werden.

In einem anderen Falle, in welchem die Hinterhauptlappen ein Viertel Zoll weit hinter der Fissura parieto-occipitalis durch einen senkrechten Schnitt [1]) abgetrennt worden sind, büsste das Thier, ungeachtet der Abtragung von mindestens zwei Drittheilen beider Hinterhauptlappen, von seinem Sehvermögen nichts ein, wie eine eine halbe Stunde nach der Operation vorgenommene Untersuchung ergeben hat. Ein anderer Versuchsaffe, bei welchem mein College, Professor G. F. Yeo, nahezu zwei Drittel beider Occipitallappen entfernt hatte, konnte bereits zwei Stunden nach der Operation kleine auf dem Boden zerstreut liegende Gegenstände auflesen [2]).

Hier sehen sie auch eine Photographie des Gehirnes eines Affen, bei welchem der linke Hinterhauptlappen durch einen Schnitt knapp hinter der Fissura parieto-occipitalis entfernt worden war; doch starb das Thier, welches sich den Verband entfernt hatte, wodurch zur septischen Infection der Wunde Gelegenheit geboten war, am fünften Tage nach der Operation. Einen Tag nach der Operation war es auch in diesem Falle nicht möglich, irgend eine Unvollkommenheit des Gesichtssinnes nachzuweisen, denn das Versuchsthier griff nach den Gegenständen, die ihm rechts oder links vorgehalten wurden, lief im Laboratorium nach allen Richtungen hin und her, wobei es zwischen den Stühlen und anderen Möbelstücken durchschlüpfte, ohne je einmal seinen Kopf an einen Gegenstand anzustossen, — Bewegungsacte, deren Ausführung bei Vorhandensein einer Hemiopie unmöglich sind.

Sie sehen, dass der Rand der Schnittebene, die in Folge eines entzündlichen Processes stark aufgetrieben ist, sich mit der äusseren Parieto-occipitalfissur nahezu deckt [3]). Diese Versuche illustriren zur Evidenz die negativen Effecte unilateraler und bilateraler Läsionen des Hinterhauptlappens. Bei meinen früheren Versuchen habe ich gefunden, dass destructive Läsionen der Rinde des Gyrus angularis der einen Seite temporären completen Verlust des Sehvermögens des Auges der entgegengesetzten Seite nach sich zogen, so dass die Sehprüfung des Thieres gänzlich fehlschlug und letzteres bei passivem Bewegungsantriebe blindlings umherrann, und an Gegenstände anstiess [4]); wurden jedoch beide Gyri angulares in gleicher Weise zerstört, dann erfolgte vollständige Erblindung beider Augen [5]).

---

[1]) Experiment XXIII, Philos. Transact., sup. cit.

[2]) Experiment IX, Philos. Transact. 1884.

[3]) Siehe Fig. 1, 20. Tafel, Philos. Transact., part. 11, 1884.

[4]) Siehe VII., VIII. und IX. Experiment, Philos. Transact., Vol. CLXV, 1875.

[5]) X. Versuch, l. c.

Die folgenden Beobachtungen wurden an einem Affen gemacht, dessen Gyri angulares auf beiden Seiten mittelst Galvanocaustik zerstört worden sind. Das Thier wurde sofort frei gemacht, schien jedoch furchtsam zu sein, und wollte sich nicht von der Stelle bewegen. Es war somit einige Stunden hindurch unmöglich, ein befriedigendes Urtheil über das Sehvermögen des Thieres zu gewinnen. Die Pupillen contrahirten sich bei Einwirkung des Lichtes, und direct auf die Augen gerichteten Lichtstrahlen suchte das Thier auszuweichen. Wurde ihm ein Stück Apfel in der Weise zugeworfen, dass es gerade seine Hand berührte, erfasste es dasselbe, roch daran und ass es mit Gier. Beim Anrufen drehte es seinen Kopf um, und richtete seinen Blick nach der Richtung des Schalleindruckes. Mit Ausnahme des Widerstrebens, sich von seiner Stelle zu bewegen, was sicherlich nur die Folge des Gefühls der Unsicherheit war, gab es nichts, was darauf hinweisen konnte, dass das Thier blind sei. Da ich aus früherer Zeit weiss, dass das Thier gerne Thee trank und überall nach demselben lief, nahm ich eine Schale Thee und brachte dieselbe an die Lippen des Thieres, das nun mit voller Gier zu trinken begann. Ich zog dann die Schale weg und stellte sie in geringer Entfernung von ihm nieder. Das Thier aber, welches seinen Wunsch, weiter zu trinken, durch Gesten zu verstehen gab, konnte die Schale nicht finden, auch dann nicht, wenn seine Augen auf dieselbe gerichtet waren. Diese Probe wurde mehrmals und stets mit gleichem Resultate wiederholt. Als ich schliesslich wieder die Schale an die Lippen des Affen brachte, tauchte er seinen Kopf in dieselbe, fuhr fort zu trinken und liess auch dann nicht davon ab, als ich die Schale ein wenig wegzog und mit derselben durch's halbe Zimmer ging. Den nächsten Tag hielt gleichfalls die Blindheit an; drohenden Geberden und anderen den Gesichtssinn erregenden Versuchsmitteln schenkte der Affe keine Aufmerksamkeit. Um noch vor weiterer Ausbreitung der secundären entzündlichen Processe die Lage und Ausbreitung der Läsionen genau bestimmen zu können, wurde der Affe getödtet, und es ergab die Section, dass jener Process bereits seinen Anfang genommen hat und nur auf die Gyri angulares beschränkt war, die ein wenig uneben und angeschwollen waren; der entzündliche Process erstreckte sich bis zum vorderen Rande des Occipitallappens und war auch der hintere Rand der linken aufsteigenden Parietalwindung in leichter Weise entzündlich afficirt. Es lag nur eine reine corticale Läsion vor und war ausschliesslich die graue Substanz der Gyri angulares ergriffen.

Diese Thatsachen schienen mir die Annahme zu rechtfertigen, dass die Gyri angulares die Sehcentren seien, und dass jeder Gyrus angularis in Beziehung stehe zur gesammten Netzhaut des Auges der entgegengesetzten Seite, da unilaterale Exstirpation stets eine zeitweilige totale

Blindheit des Auges der entgegengesetzten Seite und nicht Hemiopie nach sich zog. Weiterhin schien es, als ob der rasche Ausgleich nach der unilateralen Läsion durch die compensatorische Thätigkeit des anderen Gyrus zu Stande käme, umsomehr, als die durch bilaterale Läsion erzeugte totale Blindheit beider Augen von längerer, und wie ich auch annehmen kann, von permanenter Dauer blieb. Doch eine weitere Untersuchung an Thieren, die bei weitem länger am Leben erhalten werden konnten, als dies früher in ähnlichen Fällen bei Anwendung älterer chirurgischer Verfahrungsweisen möglich gewesen wäre, lehrte, dass dieser Schluss ein irrthümlicher war. Meine späteren, im Vereine mit Prof. Yeo unter strengen antiseptischen Cautelen vorgenommenen Untersuchungen ergaben, dass die nach unilateraler und bilateraler Zerstörung des Gyrus angularis auftretenden Effecte, obgleich letztere vollständig harmoniren mit denjenigen in meinen früheren Untersuchungen, kurzdauernder waren, als ich es vordem gedacht hätte, und dass bilaterale Zerstörung keinen permanenten Verlust des Sehvermögens nach sich gezogen hat [1]. Zur Erläuterung führe ich die Details der folgenden Versuchsreihe an.

Bei einem Versuchsthiere wurde der linke Gyrus angularis mit dem Galvanocauter geätzt. „Das linke Auge wurde vorher fest verbunden, und das Thier, welches sich bald von der Narcose erholt hatte, machte keine Bewegung, ausser wenn es dazu angetrieben worden ist. Nach mehr als einer halben Stunde wurde es aus seinem Käfig entfernt und auf den Boden gelegt, worauf es auf allen Vieren krabbelnd und tastend herumsuchte und seinen Kopf an Gegenstände anstiess. Einige Minuten nachher liess sich das Thier nieder und konnte zu keiner Bewegung angetrieben werden. Drohende Geberden erregten keine Furcht bei demselben; auf Stossbewegungen der Finger gegen das rechte Auge trat kein Blinzeln ein, ausser wenn der stossende Finger nahezu die Conjunctiva berührt hatte, worauf dann jedesmal der reflectorische Lidschluss sich einstellte. Nach einer weiteren halben Stunde wurden dieselben Proben angestellt, die in ganz präciser Weise die gleichen Anzeichen des totalen Sehverlustes ergaben. Während das Thier ruhig im Käfig lag, wurde das Thier, dessen Aufmerksamkeit durch sanftes Anfassen erregt worden, plötzlich stutzig, sprang auf mit dem Ausdrucke von Furcht und Ueberraschung und rann im Galopp gegen einen Tischfuss, neben welchem es einige Minuten ausgestreckt und um sich herumkrabbelnd verblieb; hierauf fuhr es wieder auf und rann gegen die Zimmerwand, an welcher es ganz hilflos krabbelte. Diese Actionen des Versuchsthieres wiederholten sich öfter. Näherte man sich demselben ganz ohne Geräusch, so gab es kein Zeichen von Wahrnehmung zu erkennen; jedoch schon bei einem leisen in dessen unmittelbarer Nähe erzeugten Lippengeräusche stürzte das Thier

[1]) Siehe 3., 4., 5., und 6. Versuch, Philos. Transact., Vol. 11, 1884.

los und lief wieder gegen die Wand hin. Während es nun mit offenem Auge ruhig in einer Ecke dalag, wurden nach einer halben Stunde die Lichtstrahlen einer Laterne gegen das Auge direct gerichtet, ohne dass aber das Thier irgend ein Zeichen von Perception erkennen liess. Schlich sich der Beobachter vorsichtig und ohne die Aufmerksamkeit des Thieres zu erregen an letzteres heran und flüsterte ganz leise nahe bei demselben, dann wurde es unruhig, verkroch sich und machte weiter keine Bewegungen in sicherer Erinnerung an die Unfälle, die es durch das Davonlaufen erlitten hatte. Nach einer weiteren halben Stunde wurde es im Käfig, wo es ruhig dalag, berührt, worauf es stutzig geworden und gegen eine Ecke lief, woselbst es sich verkroch. „Den nächsten Tag, an welchem das linke Auge noch verbunden war, liess das Thier ganz deutlich Gesichtswahrnehmungen des rechten Auges erkennen. Es griff wie gewöhnlich nach Gegenständen, rann im Laboratorium herum, wobei es rechts und links jedem Hindernisse auswich, und als es auf der Decke von Wasserbehältern herumlief, duckte es stets seinen Kopf, wenn es an Querstangen vorbeikam. Weder ein amblyopischer noch ein hemiopischer Defect des Sehvermögens konnte entdeckt werden“ [1]).

Bei einem anderen Thiere wurde der linke Gyrus angularis bis zur Fissura parieto-occipitalis cauterisirt bei gleichzeitiger Abtrennung des hinteren Theiles des Corpus callosum [2]).

„Das linke Auge wurde verbunden, und, nachdem sich das Thier von der Narcose erholt hatte, begann es anscheinend spontan, oder vielmehr unstät sich zu bewegen. Ein und eine halbe Stunde nach vorgenommener Operation ging es im Laboratorium herum und stiess hiebei mit seinem Kopfe an Stühle und andere im Wege stehende Hindernisse an. Wurde dem Versuchsthiere ein Stück Apfel unter die Nase gehalten, so erfasste es dasselbe und ass es. Es lief fortwährend herum, bald dahin, bald dorthin und prallte ab und zu an die Zimmerwände an. Drei Stunden nach der Operation stiess das Thier, während es im Laboratorium herumlief, mit seiner Schnauze heftig an die Wand an, wo es auch liegen blieb. Während es so ruhig dalag, näherten wir uns ganz leise demselben. Obgleich das Thier die Augen weit offen hielt, und dieselben gerade auf uns gerichtet waren, so verrieth dasselbe doch nicht ein Zeichen einer Gesichtswahrnehmung. Drohende Geberden verfehlten ebenfalls ihre Wirkung, doch als es ein Lippengeräusch vernahm, wurde es unruhig, richtete seinen Blick nach vorwärts, und, obgleich es ganz nahe an uns herankam, so schien es, als ob es dennoch nichts sähe. In gleicher Weise wurde der Versuch rechts und links vorgenommen, aber gleichfalls ohne Resultat. Den anderen Tag lief das Thier

[1]) 5. Versuch, Philos. Transact., Vol. II, 1884.

[2]) 7. Versuch, l. c.

trotz verbundenen linken Auges in jeder Richtung hin und her, duckte sich unter Querstangen und vermied mit der grössten Präcision im Wege stehende Objecte und stiess auch nicht einmal rechts oder links an einen Gegenstand an. Nicht die geringste Sehschwäche konnte ermittelt werden; das Thier war im Stande, die kleinsten Dinge, die um seinen Käfig herum lagen, oder in seine Nähe gebracht worden sind, aufzulesen."

Es wurde zuerst von Munk[1]) dargethan, dass der dauernde Effect unilateraler completer Zerstörung der Sehsphäre nicht vollständige Erblindung des Auges der entgegengesetzten Seite, sondern homonyme Hemiopie war, welch' letztere in Folge Functionslähmung der correspondirenden Seiten beider Netzhäute sich einstellt. Ein derartiges Resultat erzielte Munk durch Abtragung von der Fissura parieto-occipitalis aus und localisirte derselbe die Sehsphäre ausschliesslich im Hinterhauptlappen, und betrachtete den Gyrus angularis nur als „sensorisches Centrum" des Auges. Doch können zufolge der Thatsache, die übrigens Munk selbst gelten lässt, dass ein secundärer Entzündungsprocess und weitere Ausbreitung der primären Läsion gewöhnlich, wenn auch nicht immer, seinen operativen Proceduren folgten, Munk's Versuche in Fragen, die eine exacte Begrenzung irgend eines Rindenterritoriums betreffen, nicht herangezogen werden. Es ist eine naheliegende Annahme, dass durch Munk's operatives Verfahren behufs Abtragung des Hinterhauptlappens zugleich infolge eines secundären Entzündungsprocesses der Gyrus angularis oder dessen Verbindungen in Mitleidenschaft gezogen worden ist. Die Frage hinsichtlich der exacten localen Bestimmung der Sehsphäre, mag dieselbe nach Munk nur auf den Hinterhauptlappen beschränkt sein, oder, nach meiner Ansicht, auch den Gyrus angularis in sich fassen, und diejenige nach den Beziehungen des Gyrus angularis und des Hinterhauptlappens zu den Augen waren Gegenstand der Forschung zahlreicher Physiologen, wie von: Luciani und Tamburini,[2]) Luciani,[3]) Horsley und Schäfer,[4]) Sänger-Brown und Schäfer,[5]) Lannegrace,[6]) Gilman Thompson und Sänger-Brown,[7]) und herrschen über diese Frage noch immer die grössten Meinungsverschiedenheiten.

[1]) Ueber die Functionen der Grosshirnrinde, 1881.

[2]) Sui Centri Psico-Sensori Corticali, 1879.

[3]) On the Sensorial Localisations in the Cortex Cerebri, Brain, July, 1884.

[4]) A Record of Experiments upon the Functions of the Cerebral Cortex, Philos. Transact., Vol. CLXXIX, 1888, B. 20.

[5]) Functions of the Occipital and Temporal Lobes of the Monkey's, Brain, Phil· Transact., Vol. CLXXIX, 1888, B. 30.

[6]) Influence des Lésions Corticales sur la Vue, Arch. de Med. Expériment. 1889.

[7]) The Centre for Vision, Researches of the Loomis Laboratory of the Medical Departement of the University of the City of New-York, Nr. 1, 1890.

Luciani und Tamburini und Luciani selbst sind zum Schlusse gekommen, dass die Sehcentren auf die Hinterhauptlappen allein nicht beschränkt sind, sondern auch die Gyri angulares in sich fassen, obgleich der erstere Autor die Ansicht vertritt, dass unilaterale Zerstörung eines Gyrus angularis eher Hemiopie als Amblyopie nach sich zieht. Die Experimente von Horsley und Schäfer, und diejenigen von Sänger-Brown und Schäfer sind, da bei denselben die antiseptische Wundbehandlung zur Anwendung kam, von grossem Werte und deren Ergebnisse für alle Forscher massgebend. Horsley und Schäfer theilen mehrere Experimente über den Hinterhauptlappen mit, die ein- und doppelseitig vorgenommen worden sind. Insbesonders ist das folgende Experiment (24), dessen Beschreibung ich mit ihren eigenen Worten hier wiedergebe, bemerkenswert. „Der ganze linke Hinterhauptlappen wurde durch einen längs der Fissura parieto-occipitalis geführten Schnitt abgetragen. Das abgetrennte Stück enthielt bereits das Endstück des Hinterhornes des Seitenventrikels, der infolge dessen ganz frei lag, was jedoch von keinen üblen Folgen begleitet war. Als am fünften Tage der Verband entfernt wurde, fand man die Wunde bereits vollständig verheilt. Muskellähmungen wurden nicht constatirt. Es schien ganz deutlich, dass das Versuchsthier Gegenstände, deren Bilder auf die linke Hälfte beider Netzhäute fielen, nicht gut erkannte; denn wurde ein Object, etwa eine Traube, rechts von der Gesichtslinie vorgehalten, so wurde dieselbe entweder nicht bemerkt, oder als solche nicht leicht erkannt. Dieses Verhalten in der Gesichtswahrnehmung war anfangs sehr ausgeprägt, besserte sich aber allmählich und drei Monate nach der Operation konnte der Nachweis desselben nicht mehr gebracht werden.“ Die in Folge der Entfernung anderer Hemisphärentheile aufgetretenen Erscheinungen zu erwähnen, ist an diesem Platze nicht nothwendig. Die Figuren 24 A und 24 B geben eine Ansicht der unteren Gehirnfläche, und sind diese Darstellungen, wie die Autoren selbst sagen, hauptsächlich deshalb von Interesse, da durch dieselben ganz deutlich erkannt wird, dass die Abtragung der Stirn- und Occipitallappen vollständig ausgeführt worden und die Grenzen der Läsion an der unteren Gehirnfläche ersichtlich sind[1]).

Mehrere andere Versuche werden noch erwähnt, bei welchen die unilateral oder bilateral gesetzten Läsionen bis in die Fissura parieto-occipitalis und in die Region des Gyrus angularis reichten und in keinem dieser Fälle stellte sich absolute und andauernde Hemiopie oder Amblyopie ein. In einem Falle (26. Versuch), in welchem beide Hinterhauptlappen (äussere und hintere Fläche und ein Theil der unteren Fläche) nacheinander in vierzehn Tagen entfernt worden sind, schien eine allgemeine Abschwächung der Gesichtswahrnehmung zurückzubleiben

[1]) P. 35.

ohne, soweit man eben herausfinden konnte, absoluten Ausfall irgend eines Theiles des Gesichtsfeldes, worüber jedoch die Experimentatoren nichts Bestimmtes angeben konnten. Abtragung des rechten Gyrus angularis zog complete linksseitige Hemiopie nach sich, welche, ohne sich zu bessern, bis zum Tode des Versuchsthieres, drei Monate nach der Operation, andauerte. Horsley's und Schäfer's Versuche, bei welchen die Läsionen des Occipitallappens etwas ausgebreiteter waren, als in irgend einem der von Yeo und mir mitgetheilten Experimente — meine früheren Versuche ausgenommen — ergaben höchstens vorübergehende hemiopische Störungen, und sogar in dem ersten hieher gehörigen Falle, in welchem die Abtragung des Occipitallappens eine complete zu sein schien, war die Hemiopie nicht permanent. Nur gleichzeitige Zerstörung des Gyrus angularis und des Hinterhauptlappens ergab einen permanenten Effect. Horsley's und Schäfer's Folgerungen aus ihren Versuchen sind bei wortgetreuer Wiedergabe ihrer Angaben folgende: „Unsere, wenn auch an Zahl beschränkten Versuche über die Regio occipitalis scheinen nach ihrem Ergebnisse die von Munk und von Ferrier und Yeo gemäss ihren Versuchsresultaten gemachten Folgerungen zu verknüpfen. Beide Hinterhauptlappen und Gyri angulares stehen mit den Gesichtswahrnehmungen derartig in functionellem Zusammenhange, dass jede Hinterhauptgegend mit der correspondirenden lateralen Hälfte jeder Netzhaut in Verbindung steht, und nur ein Theil der diesbezüglich allein in Frage kommenden Hirnrindenpartie im Allgemeinen als Sehcentrum functionirt. Diese Anschauung steht auch in vollstem Einklange mit den Veruchsergebnissen Luciani's. Was den Hinterhauptlappen allein betrifft, so bestätigen unsere Beobachtungen die Behauptung Munk's, dass eine Läsion desselben hemiopische Störungen des visuellen Bewusstseins nach sich zieht. Doch das mangelhafte Sehvermögen, welches nach Abtragung beider Hinterhauptlappen (s. 25. und 26. Fall) zurückbleibt, deutet an, dass das Rindengebiet, welches mit der Sehfunction verknüpft ist, nicht beschränkt ist auf diese Lappen, wie von Munk angegeben worden war, sondern sich noch über den Gyrus angularis ausbreitet, da durch nachträgliche Zerstörung dieser Windung permanente Hemiopie hervorgerufen wird. Trotzdem wird es notwendig sein, dass weitere Experimente vorgenommen werden, um noch genauer nicht nur die Ausbreitung, sondern auch die relative Bedeutung der vorderen, hinteren und mittleren Portion des Rindensehfeldes zu bestimmen.“ [1])

[1]) l. c., p. 19.

DRITTE

VORLESUNG.



Schäfer's weitere Untersuchungen, die derselbe im Verein mit Sänger-Brown angestellt hatte, führten ihn dazu, mit Munk darin übereinzustimmen, dass complete unilaterale Exstirpation des Hinterhauptlappens allein persistirende Hemiopie bewirkt, während bilaterale Exstirpation totale und bleibende Erblindung nach sich zieht. Auch wenn man zugibt, dass die von diesen Autoren beschriebenen Läsionen die Ursache der Hemiopie oder der totalen Erblindung waren, so ist dennoch der Schluss nicht zulässig, dass diese Versuchsergebnisse bedingt seien durch die Abtragung des Hinterhauptlappens als solchen. Schäfer[1]) selbst gibt an, dass das Sehcentrum nicht nur den Hinterhauptlappen umfasst, sondern auch vielleicht einen Theil, oder gar die Gesammtheit des Gyrus angularis. Die ebenso, wie andere Thatsachen, auf Ergebnisse elektrischer Reizung basirte Annahme von Beziehungen der verschiedenen Theile der Sehcentra zu den Netzhäuten führt zum Schlusse, dass der Gyrus angularis (nach Schäfer wenigstens der hintere Ast desselben) in das centrale Sehfeld einbezogen werden sollte, und dies mit mehr Grund als der Hinterhauptlappen selbst. Wenn somit durch Abtragung der Occipitallappen von der Fissura parieto-occipitalis aus totale Erblindung erfolgt, so muss angenommen werden, dass durch diese Operation die medullaren Verbindungsfasern des gesammten Sehrindengebietes in Mitleidenschaft gezogen werden. Schäfer[2]) selbst nahm an, dass die mit der Rinde der anruhenden Gehirnpartien und insbesonders mit derjenigen des Gyrus angularis verknüpften Medullarfasern, zugleich mit dem Hinterhauptlappen durchschnitten wurden, und dass dies die richtige Erklärung hiefür sei, wird durch viele Erwägungen gestützt[3]). Läsionen der Occipito-Temporal-

---

[1]) Electrical Excitation of the Visual Area, Brain, April, 1888.

[2]) Brain, Vol. X., p. 372.

[3]) Doch scheint dieselbe nicht nicht ganz in das folgende von Schäfer aufgestellte Schema zu passen. Dasselbe lautet: 1. Das gesammte Sehfeld einer Hemisphäre ist mit der correspondirenden lateralen Hälfte beider Netzhäute verknüpft. 2. Die obere Zone des Sehfeldes einer Hemisphäre ist verknüpft mit der oberen Hälfte beider Netzhäute. 3. Die untere Zone des Sehfeldes steht mit dem unteren Theile der correspondirenden lateralen Hälfte beider Netzhäute in Beziehung. 4. Die inter-

gegend reichen schon allein hin, um, je nachdem die Zerstörung ein- oder beiderseitig ist, Hemiopie oder complete Blindheit hervorzurufen, ohne dass zu gleicher Zeit eine Affection des Gyrus angularis oder irgend eines anderen Theiles des Hinterhauptlappens vorliegt. Ich selbst habe Fälle[1]) mitgetheilt, in welchen Läsionen der Occipito-Temporalgegend temporäre Hemiopie nach sich zogen, und wahrscheinlich haben ähnliche Thatsachen Luciani zur Annahme verleitet, das Gebiet des Sehfeldes bis in den Schläfelappen hinein auszudehnen. Doch kann man einer in solcher Weise hervorgerufenen Hemiopie nur dann Bedeutung beimessen, wenn dieselbe persistirt und nicht von temporärer Dauer ist.

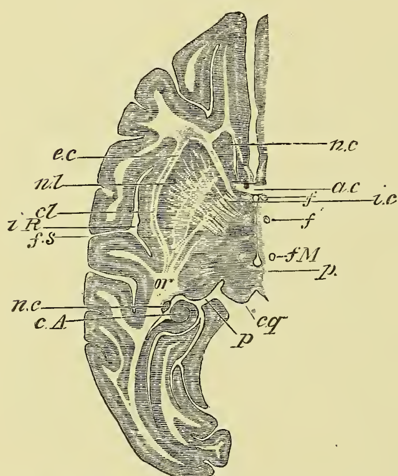


Fig. 12. Horizontaldurchschnitt der linken Hemisphäre des Affen in der Höhe der vorderen Commissur. (Natürliche Grösse.)

a.c., vordere Commissur; *c.A.*, cornu Ammonis; *cl.*, Claustrum; *c.q.*, Corpora quadrigemina; *e.c.*, äussere Kapsel; *i.c.*, innere Kapsel; *i.R.*, Reil'sche Insel; *f.*, vorderer oder absteigender (Meynert) Gewölbschenkel; f^1., aufsteigende Fasern oder Vicq d'Azyrs Bündel; *n.c.*, Nucleus caudatus; *n.l.*, Nucleus lenticularis; *o.r.*, Sehstrahlen (Gratiolet); *P.*, Pulvinar; *p.*, hintere Commissur; *f.M.*, Meynert'sches Bündel; *f.S*, Sylvi'sche Furche; *p.*, hintere Commissur.

Hier sehen Sie eine Illustration des Gehirnes eines der von Brown und Schäfer operirten Versuchsthiere[2]). Die Operation bestand in der Abtragung des rechten Schläfenlappens. Späterhin breitete sich die Läsion theilweise über die untere Fläche des Hinterhauptlappens aus. Mit Ausnahme dieser Läsionsstelle des Hinterhauptlappens war der ganze übrige Theil der Sehsphäre intact und dennoch war das Versuchsthier vollkommen hemiopisch. Hieraus ergibt sich die Folgerung, dass durch die Läsion die gesammten Sehstrahlen durchtrennt wurden, denn sonst hätte nach Schäfer's Hypothese nur Erblindung der unteren Portionen der Netzhäute erfolgen müssen.

Es scheint somit, dass durch den behufs Entfernung des Hinterhauptlappens entlang des äusseren Astes der Fissura parieto-occipitalis geführten Schnitt die Opticus-Ausstrahlungen der Occipito-angulargegend, die in dieser Höhe aus den primären Opticuskernen hervortreten, in toto durchschnitten werden (s. Fig. 12). Zum Beweise hiefür führte ich fol-

---

mediäre Zone des Sehfeldes ist mit dem mittleren Theile der correspondirenden lateralen Hälfte beider Netzhäute verknüpft (l. c., p. 5). Die Versuchsreactionen würden jedoch ihre volle Erklärung durch die Behauptung finden, dass der Gyrus angularis Beziehungen hat zur gesammten Netzhaut des Auges der entgegengetzten Seite.

[1]) Philos. Transact., Vol. II, 1884, 27. und 28. Versuch.

[2]) Fig. 4a, 4b, Philos. Transact., 1888, B. 30, plate 49.

Versuch aus: Ich legte das untere Endstück der linken äusseren Parieto-occipitalfissur bloss und, nachdem ich zwischen der unteren Fläche des Hinterhauptlappens und dem Tentorium eine Sonde eingeführt hatte, führte ich ein schiefwinklig gebogenes Stilet derartig ein, dass ein transversaler wenige Millimeter tiefer Schnitt quer durch die Occipito-Temporalgegend zu Stande kam, infolgedessen sofort rechtsseitige Hemiopie aufgetreten ist, die jedoch so rasch vorüberging, dass sie bereits am dritten Tage nicht mehr nachgewiesen werden konnte. Vierzehn Tage nachher wurde in ähnlicher Weise die rechte Occipito-Temporalgegend operirt, der Schnitt wurde jedoch diesmal Vorne gegen das untere Endstück der Parieto-occipitalfissur geführt.

Das Versuchsthier starb einen Monat nach der ersten Operation, und während der ganzen Zeit, die es noch lebte, blieb es gegen die linke Seite des Sehfeldes hin hemiopisch. Bei der Section fand man (s. Fig. 13), dass der Schnitt auf der linken Seite seicht und nicht continuirlich war, da derselbe in der Gegend des Lobus lingualis eine Unterbrechung erfuhr. Auf der rechten Seite verlief der Schnitt quer durch die ganze Occipito-Temporalgegend und betrug dessen Tiefe mehrere Millimeter, wobei die Markfasern, die aus der Gegend der primären Opticuscentren hervortreten, durchtrennt wurden.

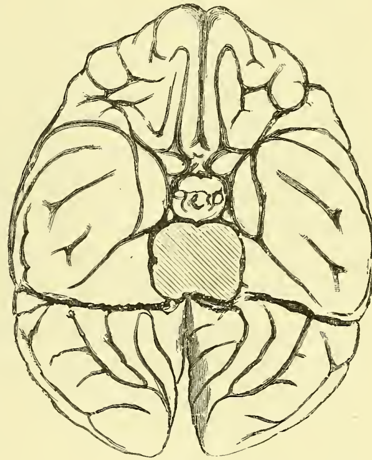


Fig. 13.

Brown und Thompson[1]) sind der Meinung, dass die Abtragung des Hinterhauptlappens auf einer Seite Hemiopie nach der entgegengesetzten Seite nach sich zieht, ganz und gar abgesehen von einer Läsion des Gyrus angularis, welchen diese Autoren von der Sehsphäre gänzlich ausschliessen. Dieselben berichten ausführlich über einen operirten Affen, bei welchem nach Entfernung des linken Hinterhauptlappens rechtsseitige Hemiopie zugleich mit rechtsseitiger Hemianästhesie auftrat, welch' letztere noch am 26. Tage nach der Operation beobachtet werden konnte. Hundert Tage nach der ersten Operation wurde der rechte Hinterhauptlappen in gleicher Weise entfernt, worauf complete Erblindung sich einstellte; doch geben die Autoren an, dass das Thier nach drei Wochen in geringer Ausbreitung nach links hin das Sehvermögen wiedererlangte. Dieselben nehmen an, ohne aber einen thatsächlichen Beweis zu liefern, dass bei der zweiten Operation einige wenige Occipitalfaserbündel nicht lädirt worden sind. Das Thier starb

[1]) l. c.

an Phthise am 231. Tage. Die Section ergab, dass auf jeder Seite hinter dem Gyrus angularis der ganze Occipitallappen entfernt worden ist, und war auch eine ganz glatte Schnittfläche noch sichtbar. In geringer Ausdehnung um die Schnittfläche war die Pia mater den Windungen fest adhärent, jedoch gar nicht verdickt. Mit Rücksicht auf die gleichzeitig aufgetretene Hemianästhesie ist es ganz sicher, dass die zuerst gesetzte Läsion über den Hinterhauptlappen hinaus sich erstreckte, da doch Hemianästhesie gewöhnlich nicht zu Stande kommt, wenn die Läsionen auf den Hinterhauptlappen allein beschränkt sind. Dass weiterhin die Zerstörung der Hinterhauptlappen als solcher totalen Verlust des Sehvermögens nicht nach sich zieht, wird durch die Thatsache, welche die Autoren selbst angeben, erwiesen, dass das operirte Thier, wenn auch unvollkommen, dennoch nach einer Seite hin sehen konnte. In einem zweiten Versuche fanden dieselben, dass Zerstörung des linken Gyrus angularis nichts Anderes zur Folge hatte, als rechtsseitige Hemianästhesie mit gleichzeitiger Lähmung des rechten Armes (!). Am 90. Tage wurde eine zweite Operation ausgeführt, wobei der ganze rechte Occipitallappen exstirpirt worden ist; darauf folgte linksseitige Hemiopie, die noch siebzehn Monate nach der Operation bestanden hatte. Das waren die einzigen Versuche an Affen, welche von diesen Autoren mitgetheilt worden sind. Hingegen behauptet Lannegrace[1]), welcher zahlreiche Versuche über die Hinterhauptlappen und die Gyri angulares des Affen vorgenommen hatte, in Uebereinstimmung mit meinen eigenen und Yeo's Versuchsergebnissen, dass die Zerstörung des Hinterhauptlappens keine nennenswerte Abnahme des Sehvermögens nach sich zieht, während die Abtragung des Gyrus angularis gekreuzte temporäre Amblyopie hervorruft. Derselbe theilt zwei Fälle von succesiver Läsion der Gyri angulares mit; in dem einen hatte die erste Läsion gekreuzte Amblyopie zur Folge, die vier Tage dauerte, die zweite Läsion erzeugte keine bemerkenswerte Veränderung; in dem anderen Falle wiederum verursachte die erste Läsion gekreuzte Amblyopie, die in zwei Tagen verschwand, während durch die zweite dauernde Amblyopie erzeugt worden ist. Diese Ergebnisse, welche den von mir und Yeo erhaltenen Resultaten ähnlich sind, hängen zweifelsohne von dem Grade der Vollkommenheit der Abtragung jener Gyri ab.

Ich habe bereits erwähnt, dass durch meine früheren Versuche, sowie auch durch diejenigen von Professor Yeo ausgeführten dargethan wird, dass unilaterale destructive Läsion des Gyrus angularis temporäre Blindheit des Auges der entgegengesetzten Seite und bilaterale Zerstörung momentan complete Blindheit beider Augen hervorruft. Obgleich diese Angaben stark angezweifelt worden sind, muss ich dennoch auf deren Richtigkeit bestehen und die präcise Ausführung der Versuche hervor-

[1]) l. c.

heben. Erst jüngst konnte ich wieder das Auftreten einer entschieden vollkommenen Blindheit des Auges der entgegengesetzten Seite nach Zerstörung des linken Gyrus angularis bestätigen. Bei diesem Versuchsthiere habe ich vorher das linke Auge enucleirt, um auf diese Weise von dieser Seite jedwede Complication auszuschliessen. Nach Entfernung des linken Gyrus angularis erblindete das Thier vollständig, wobei es sich jedoch in vollem Besitze all' seiner übrigen Sinne und seiner motorischen Kräfte befand. Auf Sehproben reagirte das Thier absolut nicht; es rührte sich nicht von der Stelle und, wenn es zur Bewegung angetrieben wurde, kroch es blindlings und hilflos umher. Dieser Zustand dauerte mehrere Stunden, in welchen das Thier stets beobachtet wurde. Den nächsten Tag wurden Anzeichen vorhandenen Sehvermögens bemerkbar, doch das Thier überfiel eine solche Prostration, dass es verendete, bevor noch weitere exacte Untersuchungen vorgenommen werden konnten. Dass Läsion des Gyrus angularis die Sehstrahlen in Mitleidenschaft ziehe, ist gut denkbar, doch ist eine Läsion derselben weder nothwendig, noch könnte eine solche als Ursache für das Entstehen des vollständigen Verlustes des Sehvermögens des Auges der entgegengesetzten Seite angesehen werden können. Die bilateralen Beziehungen des Gyrus angularis erklären die nur vorübergehende Dauer der Amblyopie, welche nach unilateraler Exstirpation entsteht und gelegentlich kam es vor, da in wenigen meiner Versuche die Zerstörung des Gyrus angularis auf der einen oder der anderen Seite eine vollständige war, dass die Entfernung des anderen Gyrus einige Zeit nachher weder auf der einen, noch auf der anderen Seite das Sehvermögen zu beeinträchtigen schien. Wenn jedoch die Gyri angulares vollständig zerstört werden, so bleibt das Thier, obgleich es die ersten drei oder vier Tage vollständig blind ist, wohl nicht permanent in diesem Zustande, erlangt aber nie das normale Sehvermögen. Dies bestätigten auch die Untersuchungen von Lannegrace. Mit Ausnahme des Defectes des Sehvermögens ruft die Zerstörung des Gyrus angularis keine weiteren Symptome hervor, weder motorische noch sensorielle; keine Ptosis, keine Augenmuskellähmung ist nachweisbar und die Sensibilität der Bindehaut ist ganz intact

Diese, auch durch die Untersuchungen Horsley's und Schäfer's bestätigten, Ergebnisse widerlegen die Behauptung Munk's, dass der Gyrus angularis die sensorische Sehsphäre bilde; auch bei Prüfung der eigenen Angaben Munk's kann man herausfinden, dass jene Erscheinungen, die derselbe als Merkmale des Verlustes der Augensensibilität betrachtet, thatsächlich bedingt werden durch den Mangel der Gesichtswarnehmung. So gibt Munk an, dass nach Zerstörung des linken Gyrus angularis Annäherung eines Fingers an das linke Auge Blinzeln hervorrief, während dieselbe gegen das rechte Auge gerichtete Bewegung nur bei directer

Berührung der Augenlider Lidschluss zur Folge hatte. Dies Verfahren gilt als Prüfung der Sensibilität des Auges und als Beweis für die Nichtperception der in einer Entfernung drohenden Gefahr. Das Ausbleiben des Lidschlusses bei drohender Gefahr lässt Munk wohl auch als charakteristisches Merkmal vorhandener Blindheit gelten, doch glaubt er behaupten zu müssen, dass, nachdem bei Intactheit des Hinterhauptlappens das Versuchsthier nicht blind sein konnte, das Nichtzustandekommen des Lidschlusses nur bedingt sein konnte durch das Unvermögen der Rinde den Sphincter palpebrarum in Contraction zu versetzen! Dem gegenüber gibt er wieder an, dass, wenn der Gyrus angularis auf der einen Seite zerstört worden und auf derselben Seite das Auge verbunden worden ist, das Versuchsthier oft fehlschlug beim Ergreifen der ihm vorgehaltenen oder vor ihm hingeworfenen Gegenstände, insbesonders wenn letztere sehr klein waren. Ein solches Verhalten betrachte ich als ein deutliches Kennzeichen bestehender Amblyopie. Munk theilt auch mit, dass nach bilateraler Zerstörung des Gyrus angularis bei Affen, letztere „nach unvollständiger Restitution“ — eine nicht sehr verständliche Redensart — nicht fähig sind, in der Weise wie normale Affen, vorgehaltene Objecte mit den Fingern behutsam zu fassen, sondern nach denselben mit der ganzen Hand, gleichsam krabbelnd, zu greifen suchen. Dies ist nur ein weiterer Beleg für das Vorhandensein der gleichen unvollkommenen Gesichtswahrnehmung, die ich bereits erwähnt habe: Mangel an Präcision beim Ergreifen und fortwährendes Bestreben, über dem Objecte hinweg, oder neben demselben mit der Hand zu greifen, statt in gerader Richtung den Gegenstand sofort zu erfassen.

Schäfer[1]) gibt folgende Symptome an, die er bei einem Affen, welchem beide Gyri angulares extirpirt worden sind, beobachtet hat. In den ersten paar Tagen schien das Thier vollständig blind zu sein, doch kehrte die Gesichtswahrnehmung allmählich zurück und war dieselbe nicht lange nachher für entfernte Gegenstände ganz ausreichend. Das Thier konnte ganz deutlich kleine Objecte, wie eine Taube, auf Distanz sehen, doch schien es beim Erhaschen derselben einige Schwierigkeit zu zeigen. Schäfer meint, dass Letzteres bedingt sei durch den Mangel der Gesichtswahrnehmung in der vorderen oberen und in den seitlichen Partien der Netzhäute. Jüngst habe ich das Sehvermögen eines Affen sorgfältig untersucht, bei welchem ich beide Gyri angulares vollständig zerstört habe. Ptosis war darnach nicht nachweisbar, die Augenbewegungen waren normal, die Bindehautreflexe ungeschwächt erhalten und die Sensibilität und die Motilität waren intact; doch war das Thier mindestens vier Tage lang absolut blind. Wurde es zur Bewegung angetrieben, so stiess es an jedes im Wege befindliche Object an, schenkte drohenden

[1]) Brain, July 1888, p. 159.

Geberden keine Aufmerksamkeit, war nicht imstande sein Futter zu finden, ausser wenn es herumtappte, und schien völlig unempfindlich gegen directe auf die Augen gerichtete Lichtreize. Am fünften Tage waren Anzeichen der wiederwachenden Gesichtswahrnehmung bemerkbar. Es stiess nicht mehr seinen Kopf an Gegenstände an, ging nicht über die Tischkante, liess Zeichen von Gesichtswahrnehmung bei direct in die Augen fallenden Lichtbündeln erkennen, und gelegentlich schien es bei drohenden Geberden zu zwinkern. Das Sehvermögen besserte sich allmählich, blieb aber stets mangelhaft, insbesonders für kleine Objecte, welche vom Thiere selten, wenn überhaupt ganz präcise erfasst wurden; gewöhnlich tappte es nach denselben mit der ganzen Hand und griff neben, über, oder vor dem Gegenstande. Es zeigte sich, dass das Thier nach oben, unten und zu jeder Seite gehaltene Objecte weit besser sah, als wenn dieselben in gerader Richtung vor den Augen gehalten wurden. Sechs Wochen nach der Operation untersuchte mein College, Professor Mc. Hardy mit mir das sonst gelehrige Thier, wobei jeder Sector des Gesichtsfeldes durch Vorhalten von Aepfelstücken, die an einem dünnen Faden hingen, geprüft wurde. Wir gelangten zum Schlusse, dass das Sehvermögen in der Peripherie besser war als in der centralen Gegend. In gerader Linie und in geringer Entfernung vor den Augen gehaltene Objecte wurden bestimmt nicht deutlich gesehen und vom Thiere auch nie mit Sicherheit erfasst. Dieser Zustand blieb drei Monate lang nach der Operation unverändert, wovon wir uns durch mehrere von Zeit zu Zeit und mit gleichem Resultate wie oben angestellte Versuche überzeugt haben. Ich notirte auch, dass das Thier, wenn es irgend ein Object genau ansehen wollte, dasselbe auf eine ganze Armeslänge von seinen Augen entfernt hielt. Die bei diesem Thiere zu beobachtenden Erscheinungen waren wol solche, die nur bei Abschwächung oder Verlust des centralen Sehens aufzutreten pflegen, da es doch bekannt ist, dass bei Abnahme oder gänzlichem Mangel des centralen Sehens Objecte auf Distanz besser wahrgenommen werden als in unmittelbarer Nähe, und bei starker Convergens auch weniger deutlich gesehen werden. Ganz dasselbe Verhalten zeigte auch das Versuchsthier. Der Verlust des centralen Sehens würde somit die auch von Schäfer bei seinen Versuchsthieren gefundene Thatsache zur Genüge erklären, dass Objecte auf Distanz besser gesehen wurden, als in unmittelbarer Nähe; aus demselben Grunde konnte auch das Versuchsthier Munk's nie ein kleines Object, welches in der horizontalen Blicklinie dem Thiere vorgehalten wurde, geradeaus ergreifen. Es lag sicherlich kein Anhaltspunkt, sondern gerade das Gegentheil vor für die Behauptung, dass die oberen Regionen der Netzhaut weniger empfindlich wären, als die lateralen und unteren Partien derselben. Mir scheint es somit plausibel zu sein, dass die nach bilateraler Zerstörung

des Gyrus angularis auftretenden, von Munk, Schäfer und mir beschriebenen, Symptome am besten ihre Erklärung durch die Annahme finden, dass die Gyri angulares ganz besonders mit der Gegend des deutlichen Sehens und demgemäss mit der Macula lutea in directer Beziehung stehen. Die klinischen Ergebnisse nöthigen gleichfalls zur Annahme, dass die Gegend des gelben Fleckes in jeder Hemisphäre central repräsentirt wird, wenn auch mehr in derjenigen der entgegengesetzten Seite, als in der gleichseitigen, und höchst wahrscheinlich befindet sich für die Gegend des deutlichen Sehens das Rindenfeld hauptsächlich im Gyrus angularis der Hemisphäre der entgegengesetzten Seite.

Es ist nicht gut möglich, die Beziehungen der Sehcentra zu den Netzhäuten in der Weise sich zu denken, dass man annimmt, es seien die Netzhautflächen in auf die entsprechende Seite einer jeden Hemisphäre projicirte einzelne Felder getheilt, da doch unilaterale Läsion des Gyrus angularis eine temporäre Erblindung, oder blosse Amblyopie des Auges der entgegengesetzten Seite hervorruft, während die beiderseitige Abtragung eine andauernde Abschwächung der Sehschärfe in beiden Augen nach sich zieht[1]. Meine Versuchsresultate scheinen darzuthun, dass der Gyrus angularis mit beiden Augen in Beziehung steht. Die gekreuzte Wirkung ist nur bei den niederen deutlich nachweisbar, wodurch jedoch die Möglichkeit einer gleichzeitigen Abschwächung des Sehvermögens auf derselben Seite nicht ausgeschlossen ist, wenn auch dieselbe durch Proben nicht so leicht eruirt werden kann. Es ist sicher, dass beim Menschen Affectionen der Sehcentren gelegentlich gekreuzte Amblyopie und nicht homonyme Hemiopie hervorrufen. Diese charakteristische Sehstörung ist nicht nur bei der hysterischen Hemianästhesie, deren Pathologie noch dunkel ist, zu finden, sondern es wurde auf dieselbe auch in Fällen von organischer Erkrankung hingewiesen. Zugleich mit der Erblindung, oder mit bedeutender Abnahme des Sehvermögens des entgegengesetzten Auges geht ein gewisser Grad von Gesichtsfeldeinschränkung des gleichseitigen Auges einher. Ich selbst habe mehrere solcher Fälle mitgetheilt[2], und Gowers[3] hat gleichfalls dergleichen Beispiele gesehen. Ein sehr gut beobachteter Fall dieser Art wurde von Sharkey[4] mitgetheilt. Die post mortem-Untersuchung ergab Erweichung und Absorption eines beträchtlichen Rindengebietes der entgegengesetzten

---

[1] Dies stimmt mit Gowers Hypothese überein, „dass an der äusseren Hemisphärenfläche nach vorne vom Hinterhauptlappen ein höheres Sehcentrum sich befinde, in welchem die halben Netzhautfelder combinirt sind, und das ganze entgegengesetzte Feld central vertreten ist.“ (Diseases of Nervous System, Vol. 11, p. 19).

[2] Cerebral Amblyopia and Hemiopia, Brain, Vol. III, p. 456.

[3] Diseases of Nervous System, p. 19.

[4] Medico-Chirurgical Transactions, Vol. LXVII, 1884.

Hemisphäre mit Einschluss des Gyrus angularis. Der Hinterhauptlappen war intact und keineswegs im Vergleiche zum anderen reducirt. Ein unterscheidendes Merkmal zwischen Tractus- und centraler Hemiopie wurde von Wilbrand[1]) angegeben und von Wernicke und Seguin bestätigt; dasselbe besteht in der genauen Bestimmung, ob ein auf die erblindete Seite der Netzhaut geworfener Lichtkegel Pupillencontraction hervorruft oder nicht. Da der Tractus opticus in gleicher Weise die Bahn bildet für Fasern, welche durch die Oculomotoriuscentren die Pupille zur Contraction erregen, wie für diejenigen, welche der Rinde Gesichtseindrücke zuführen, so wird selbstverständlich eine Läsion des Tractus opticus nicht nur Hemiopie hervorrufen, sondern auch die Reflexthätigkeit der Pupillen auf Lichtreize aufheben. während eine Läsion der hierher gehörigen corticalen Centren Hemiopie verursacht, jedoch die Pupillenreaction intact lässt. Eine solche Probe aber erfordert bei ihrer Durchführung grosse Sorgfalt, da es doch sehr schwierig ist, die Lichtstrahlenbündel gerade auf die erblindete Seite zu lenken. In einem neueren in meiner Behandlung im King's College Hospital befindlichen Falle [2]), bei welchem die Trennungslinie gerade durch den Fixationspunkt ging, und welcher nach dieser Richtung von Prof. Mc Hardy und mir sorgfältig untersucht worden ist, blieb die Pupillenreaction aus, so oft das Lichtstrahlenbündel auf die rechte Seite der Netzhaut geworfen wurde, während die Reaction sofort eintrat, sobald die linke Hälfte einer jeden Netzhaut vom Lichtkegel getroffen wurde. Diese Thatsachen würden zur Annahme führen, dass im vorliegenden Falle eine Tractus-Hemiopie vorhanden war.

Jüngst habe ich die hemiopische Pupillenreaction bei zwei Affen, bei welchen ich zufällig während der Abtragung des Temporallappens den Tractus opticus durchschnitten hatte, nachweisen können. In beiden Fällen war absolute Hemiopie nach der entgegengesetzten Seite vorhanden, die nach Trennung des linken Tractus opticus sich sofort einstellte und zugleich mit der rechtsseitigen Hemiopie konnte der Mangel der Pupillenreaction nachgewiesen werden, so oft ein feines elektrisches Lichtbündel die linke Hälfte einer jeden Netzhaut traf; wurde hingegen die rechte Netzhauthälfte beleuchtet, so trat sofort Reaction auf. Sowohl beim Affen, als auch in mehreren klinischen Fällen von Hemiopie, die nach

[1]) l. c.

[2]) Patient war ein Mann von 39 Jahren, der vor 2 Jahren eine luetische Infection sich zugezogen hatte, und zur Zeit seiner Aufnahme an einem grossen tertiären Geschwür des weichen Gaumens litt; dazu gesellten sich convulsive Zuckungen der rechten Gesichtshälfte, Schwäche und Parästhesien der linken Körperseite. Der linke Händedruck war schwach, und der linke Fuss konnte nicht dorsalflectirt werden; die Zunge wich beim Hervorstrecken nach rechts ab; auch wurde absolute linksseitige Hemiopie gefunden und eine von Prof. Mc. Hardy sorgfältig vorgenommene perimetrische Untersuchung ergab, dass die Trennungslinie durch den Fixationspunkt ging.

Hemisphärenverletzungen aufgetreten ist, fand ich, dass die Pupillenreaction in gleich markanter Weise bei Beleuchtung einer beliebigen Seite der Retina sich einstellte. Es steht ganz ausser Frage, dass im Chiasma eine Decussation der Tractus optici stattfindet. Michel behauptet in seiner neueren Monographie noch das Gegentheil auf Grund mikroskopischer Untersuchungen [1]), doch wurden dessen Resultate von Singer und Münzer [2]) und von Darkschewitsch [3]) und O. Hebold [4]) als das Ergebnis unzureichender Untersuchungsmethoden hingestellt.

In Betreff der Pathologie der gekreuzten Amblyopie, die nach Läsion des Gyrus angularis beim Affen auftritt, und in gleicher Weise bezüglich der gleichartigen pathologischen Fälle beim Menschen, möchte ich hier nicht unerwähnt lassen eine von Lannegrace aufgestellte Hypothese. Nach Lannegrace wird der Augapfel von zwei Nervenfaserarten versorgt, den eigentlichen optischen, oder sensoriellen, und von sensorischen, die auf den Bulbus einen trophischen Einfluss ausüben. Die sensoriellen, oder optischen Fasern kreuzen sich im Chiasma und sind auf den Hinterhauptlappen vertheilt, während die sensorischen im Pons sich kreuzen, und, nachdem sie sich den hinteren Bündeln der inneren Kapsel hinzugesellt, im Gyrus angularis sich hauptsächlich verbreiten. Läsionen der sensorischen Fasern rufen Amblyopie und sensible Störungen im Bulbus hervor. Ein ähnliches Resultat folgt auf eine Läsion des Gyrus angularis und ist dasselbe im Wesentlichen auf Veränderungen zu beziehen, welche die Ernährung des Bulbus erleidet. Diese Hypothese würde somit voraussetzen, dass in allen Fällen von Amblyopie in Folge einer Cerebralläsion eine Abnahme der Sensation im Bulbus zugleich vorkomme. Doch ist dies sicherlich nicht der Fall bei Amblyopie, die nach Zerstörung des Gyrus angularis auftritt, obgleich bei der hysterischen Amblyopie eine Affection des Gemeingefühles gerade so gut besteht, wie eine solche des Sehens. Obgleich Affectionen des Trigeminus, welche Verlust oder Abschwächung der Sensation des Bulbus nach sich ziehen, häufig auch zu trophischen Störungen des Auges führen, so verhält sich die Sache dennoch nicht ganz in dieser Weise; sogar, wenn der Bulbus absolut anästhetisch ist, vorausgesetzt, dass keine trophischen Störungen sich eingestellt haben, ist das Sehvermögen nicht im geringsten geschwächt. Zum Beweise hiefür würde ich auf die von Hutchinson in den Ophthalmic Hospital Reports (Vol. IV, 1863—65 1. und 3. Fall)

---

[1]) Ueber Sehnerven-Degeneration und -Kreuzung, 1887.

[2]) Beiträge zur Kenntnis der Sehnerven-Kreuzung, 1889.

[3]) Ueber die Kreuznng der Sehnervenfasern, von Dr. L Darkschewitsch, (von Gräfe's Archiv. XXXVII.

[4]) Der Faserverlauf im Sehnerven, von Dr. O. Hebold., Neurologisches Centralblatt, 15. März 1891.

mitgetheilten Fälle hinweisen. Auch bei completer Cocainanästhesie des Bulbus wird die Sehschärfe nicht herabgesetzt.

All' diese Beweisstücke scheinen mir vernichtende Einwürfe gegen die von Lannegrace aufgestellte Hypothese zu sein, und ich halte meine Annahme aufrecht, dass die einzige Hypothese, welche mit allen Thatsachen sich vereinbaren lässt, nur diejenige ist, nach welcher die Gyri angulares ausschliesslich die Centra für das deutliche Sehen bilden, ein jeder Gyrus für das Auge der entgegengesetzten Seite. Ob die anderen Theile der Netzhäute, die oberen, unteren, äusseren und inneren, speciell durch correspondirende Regionen des Hinterhauptlappens central .repräsentirt werden, wie die Hypothesen von Munk und Schäfer lauten, kann mit Bestimmtheit nach den vorliegenden Versuchsergebnissen nicht behauptet werden, da sogar nach ausgedehnter Zerstörung der Hinterhauptlappen nicht eine Retinalstelle absolut blind erscheint. Wenn wir auch zugeben, dass die Effecte nach einer Reizung wahrscheinlich hinweisen auf eine specielle Beziehung der verschiedenen Theile des Sehfeldes zu bestimmten Gebieten der Hinterhauptrinde, so scheint diese Beziehung, soweit uns die klinischen und experimentellen Thatsachen lehren, denn doch keine exclusive zu sein.

Es ist richtig, dass wir manchmal beim Menschen neben allgemeiner Hemiopie partielle Defecte, in Form von Quadranten oder Sectoren, in den oberen, oder in den unteren Hälften des Sehfeldes finden; dieselben können jedoch bloss als unvollständige Hemiopie und gelegentlich, wie in dem Falle, welchen ich Ihnen demonstrire, als eine ringsum begrenzte Stelle subnormaler Sehschärfe in der defecten Retinalhälfte angesehen werden. Die Pathologie dieser sectorenförmigen Defecte ist übrigens noch fraglich; dieselben stehen ganz entschieden in keiner Beziehung zu Läsionen irgend eines besonderen Rindengebietes, und es ist höchst wahrscheinlich, dass dieselben eher von partiellen Läsionen der Sehstrahlungen als der corticalen Centren selbst abhängen. Dies war auch ohne Zweifel die pathologische Grundlage des von mir angedeuteten Falles, da der Defect bei einem Patienten vorkam, der an plötzlich eingetretener Hemiplegie, die von Hemianästhesie und einer Sprachstörung begleitet war, litt.

Es ist zweifelhaft, ob in der Literatur irgend welche Fälle erwähnt werden, bei welchen, abgesehen von directer oder indirecter Einbeziehung der Sehstrahlungen, genau auf den Hinterhauptlappen beschränkte Rindenläsionen, die von Hemiopie begleitet waren, nachgewiesen wurden. In den meisten Fällen von Hemiopie, die nach dem Tode untersucht worden sind, und bei welchen die Tractus optici, die Sehhügel, oder die Corpora geniculata nicht unverkennbar afficirt waren, fand man Läsionen in den Markfasern der hinteren ganz ungenau als Hinterhauptlappen bezeichneten

Region; oder es kamen bei ausschliesslicher Affection der Rinde vielfache, zerstreut liegende und nicht auf den Hinterhauptlappen beschränkte Läsionen vor, wobei neben Hemiopie, Hemiplegie, Hemianästhesie, Aphasie oder andere Symptome in Folge gleichzeitiger Affection von Markfaserbündeln und Rindencentren ausserhalb der Hinterhauptregion nachweisbar waren.

Unter meiner Leitung hat mein Freund und Schüler Dr. Ewens die Mehrzahl, wenn nicht alle, jener über Hemiopie (sammt Obductionsbefund) mitgetheilten Fälle gesammelt und analytisch gesichtet, bei welchen die Hemiopie nur mit cerebralen Läsionen in Zusammenhang stand, deren Natur eine derartige war, dass mit Sicherheit eine Fernwirkung auf andere Hirnregionen ausgeschlossen werden konnte. Von 41 Fällen von Hemiopie waren 15 auf eine Läsion der Occipito-Angular-Gegend zurückzuführen, 2 hingen mit Affectionen der Gyri angulares und supra-marginales zusammen, und in 15 publicirten Fällen lag angeblich nur eine Läsion des Hinterhauptlappens vor. Bloss bei zweien von diesen 15 Fällen (Hun's[1]) und Doynes[2]) Fall) war weder ein Tumor, eine Cyste, ein Abscess, noch ein Erweichungsprocess der Marksubstanz der Hinterhauptregion, oder irgend eine andere zugleich den Thalamus opticus afficirende Läsion nachweisbar; in einem dieser Fälle (Doynes Fall) war die Lage der Läsion nicht genau beschrieben.

In den anderen Fällen hatten die Läsionen einen diffusen Charakter; sechs Fällen lag eine Affection der Occipito-temporal-Gegend und dreien eine gleichzeitige Läsion der Hinterhaupt-, Schläfen- und Parietallappen zu Grunde, wobei in allen Fällen auch der Gyrus angularis in den Process einbezogen war.

Mit Rücksicht auf die relative Häufigkeit des Vorkommens von Hemiopie nach Läsionen des Cuneus und seiner Nachbarschaft nehmen Seguin[3]) und Nothnagel[4]) an, dass diese Portion des Hinterhauptlappens in besonderer Beziehung steht zur Gesichtswahrnehmung, während Wilbrand meint, es sei das Sehcentrum eher in die Spitze des Hinterhauptlappens zu verlegen. Doch sind diese Hypothesen durch experimentellen Erweis nicht gestützt. Wahrscheinlich besteht eine gewisse scheinbare Beziehung zwischen Läsionen des Cuneus und dem gelegentlichen gleichzeitigen Auftreten von Hemiopie, ein Zusammentreffen, das seine Erklärung findet in der besonderen Neigung dieser Hirnregion, bei krankhaften Hirngefässprocessen afficirt zu werden und in der gleichzeitigen Läsion der Sehstrahlen der Occipito-temporal-Gegend. In Seguin's eigenem

---

[1]) Amer. Journ. Med. Sci. 1887, Case 1.

[2]) Ophthal. Soc., Lond., November 14th, 1886.

[3]) The Journal of Nervous and Mental Diseases, Vol. XIII, January, 1886.

[4]) Neurolog. Centralblatt, 1887, p. 213.

Falle[1]), den derselbe zur Begründung seiner Annahme heranzieht, war nicht nur der Cuneus afficirt, sondern auch die vierte und fünfte Schläfenwindung und ein Theil des Gyrus hippocampi[2]). Auch sind Fälle publicirt worden, bei welchen nicht nur einseitige, sondern auch beiderseitige Läsionen in den Hinterhauptlappen gefunden worden sind ohne jedweden begleitenden Defect der Gesichtswahrnehmung.

Irritative Affectionen des Gyrus angularis geben, wie Hughes-Bennet berichtet[3]), gelegentlich Veranlassung zur Entstehung von optischen Täuschungen oder Lichterscheinungen, die von temporärer Amblyopie gefolgt sind, während destructive Läsionen des Gyrus angularis, insbesonders in der linken Hemisphäre, im Allgemeinen die specielle Form sensorischer Aphasie, die „Wortblindheit“ (Kussmaul), nach sich ziehen. Wortblindheit ist nicht nothwendigerweise begleitet von irgend einer bemerkenswerten Affection der Gesichtswahrnehmung, obgleich in manchen Fällen, wo die Läsion der Occipito-angular-Region ausgebreiteter ist, ein grösserer oder geringerer Grad rechtsseitiger Hemiopie bestehen mag.

Andererseits ist ganz reine rechtsseitige Hemiopie nicht nothwendigerweise vergesellschaftet mit irgend welchen Defecten im Verständnisse der Objecte. Dies würde ein Beweis gegen ihren corticalen Charakter sein. Die Thatsache, dass das Verständnis der Objecte, insbesonders die geistige Verknüpfung der Schriftsymbole mit deren begrifflicher Bedeutung, viel eher und leichter gestört wird, als die einfache Perception, scheint mir ein Beleg zu sein für die Richtigkeit der von Hughlings-Jackson in seinen an dieser Stelle im Jahre 1884 gehaltenen Vorlesungen so klar auseinandergesetzten Theorie über die Entwicklung und die Art und Weise des functionellen Rückganges der Nervencentra. So wie der organische Entwicklungsvorgang von dem einfachsten und beständigsten Gebilde aufsteigt bis zur complicirtesten und am wenigsten stabilen Organisation, so werden in umgekehrter Weise durch destructive Processe zuerst die höheren Functionen und zuletzt die niederen functionellen Aeusserungen aufgehoben. Die Functionen der Sehcentren, durch welche die Gesichtswahrnehmung oder die einfache Gesichtsvorstellung zu Stande

---

[1]) l. c.

[2]) Seitdem ich dies geschrieben, wurde von Delépine (Trans. Path. Soc. Lond. May 20th 1890) ein Fall mitgetheilt, bei welchem rechtsseitige Hemiopie ganz deutlich associirt war mit Erweichung des linken Cuneus. In diesem Falle bestand jedoch allgemeine Gefässdegeneration, und gab es noch ausserdem viele circumscripte Erweichungsherde in den verschiedenen Hirnpartien. Im Besonderen war auch der grössere Theil der mittleren Occipitalwindung zerstört. Dieser Fall ist somit zu complicirt, als dass derselbe einen exacten Schluss hinsichtlich der Beziehung zwischen der Hemiopie und der Läsion des Cuneus im Besonderen gestatten würde.

[3]) Excessive Sensory Cortical Discharges and their Effects, Lancet, March 30th and April 6th, 1889.

kommt, ruhen auf einer weit festeren organischen Grundlage, als jene Functionen, durch deren Thätigkeit die Reproduction der Sehvorstellungen ermöglicht, und im Besonderen jene höheren und complicirten Processe, die bei der associativen Verbindung der Sehvorstellung mit den zugehörigen Objecten vor sich gehen, zu Stande kommen. Es mag somit eine Läsion des Rindenfeldes für das deutlichste Sehen das Vermögen der Reproduction der Sehvorstellung aufheben, während die weit niedere Function der Gesichtswahrnehmung nicht erheblich geschwächt wird. Damit auch die letztere Function ganz und gar erlischt, ist es nöthig. dass jede Leitungsbahn des gegebenen Centrums zerstört werde. Es erhellt aus all' dem,

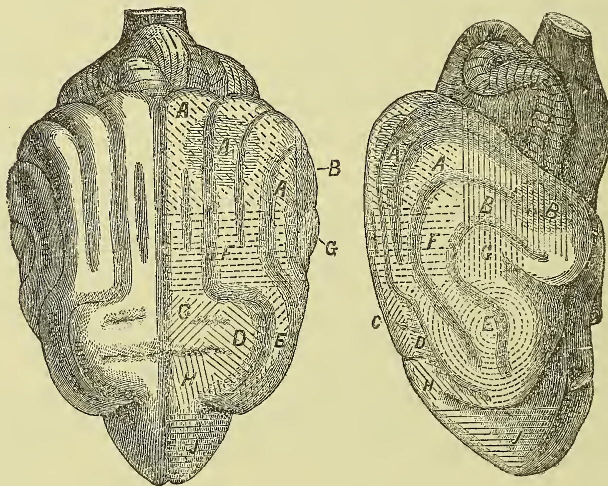


Fig. 14. Rindencentra des Hundes nach Munk.

A, Sehfeld ; *B*, Hörcentrum ; *C*, bis *I*, Fühlsphäre ; *D*, Rindenfeld für das Vorderbein ; *C*, Rindenfeld für das Hinterbein ; *E*, Kopfregion ; *F*, Augenmuskelregion ; *G*, Ohrregion ; *H*, Nackenregion ; *I*, Rumpfregion.

dass das Vermögen, die Sehvorstellungen zu reproduciren, viel früher abnimmt, als die Gesichtswahrnehmung, und am leichtesten die mit ersterem verknüpften höheren functionellen Aeusserungen.

Bezüglich der Sehcentren der niederen Wirbelthiere kann ich eigene Beobachtungen, oder Versuche nicht anführen. Die Sehcentra der Hunde bildeten das hervorragende Object physiologischer Untersuchung. Hitzig[1]) erwähnte zuerst das Vorkommen von Erblindung des Auges der entgegengesetzten Seite nach Zerstörung der Hinterhauptgegend bei Hunden, und im Jahre 1881 beschrieb Goltz eine Sehstörung, die in Folge destructiver Läsionen der entgegengesetzten Hirnhemisphäre aufgetreten ist, die derselbe jedoch nicht in Zusammenhang bringt mit Läsionen des Hinter-

[1]) Centralbatt f. d. med. Wissenschaften, 1874.

hauptlappens, obgleich er erst jüngst auf einen solchen Zusammenhang hingewiesen hat. Doch bestand die in Frage stehende Affection seiner Meinung nach nicht in completer Erblindung, sondern im Unvermögen des Thieres, Objecte zu erkennen. Diese Erscheinung bezeichnete Goltz als Hirnsehschwäche, oder cerebrale Amblyopie; dieselbe war vollständig gekreuzt und betraf nur das Auge der der Läsion gegenüberliegenden Seite. In seinen ersten Versuchen gelangte Munk im Wesentlichen zu demselben Schlusse: eine infolge Läsion der Stelle A (Fig. 14) hervorgerufene Sehstörung befiel nur das Auge der entgegengesetzten Seite. Dalton[1]) fand gleichfalls, dass das Auge der entgegengesetzten Seite erblindete und allem Anscheine nach auch permanent blind blieb, wenn die Rinde in der Gegend des hinteren Abschnittes der zweiten äusseren Windung, die derselbe Angularwindung nennt, zerstört worden ist.

Andererseits fanden Luciani und Tamburini, dass Zerstörung der zweiten äusseren Windung, insbesonders der mittleren, oder der parietalen Portion derselben, Erblindung des entgegengesetzten Auges und nebenbei noch einen gewissen Grad von Amblyopie des gleichseitigen Auges nach sich zog. Doch die weiteren Experimente Munk's, sowie auch diejenigen von Loeb[2]) und Goltz[3]) und die jüngsten Experimente von Luciani[4]) schienen darzuthun, dass, obgleich beim Hunde das Sehcentrum hauptsächlich in Beziehung steht mit dem Auge der entgegengesetzten Seite, dasselbe auch mit dem äusseren Quadranten des gleichseitigen Auges in Zusammenhang steht. Zerstörung des Sehcentrums der einen Hemisphäre lähmt die inneren Dreiviertel der Netzhaut der entgegengesetzten Seite und das äussere Viertel der gleichseitigen Netzhaut; es kommt somit zu andauernder homonymer Hemiopie nach der dem Herde entgegengesetzten Seite, wobei der Defect des entgegengesetzten Auges denjenigen des gleichseitigen Auges an Ausdehnung weit übertrifft. Doch die von Luciani und Tamburini mitgetheilten Facta beweisen, dass, wenigstens für eine kurze Zeit, nach Zerstörung der mittleren Portion der zweiten äusseren Windung Erblindung des Auges der entgegengesetzten Seite auftritt. Goltz[5]) bemerkt wol, dass seinen früheren Schlussfolgerungen nicht etwa eine mangelhafte Beobachtung zu Grunde lag; doch schlug er wahrscheinlich ein einigermaassen abweichendes operatives Verfahren ein. Es ist einleuchtend, dass hier ähnliche Beziehungen vorliegen, wie solche bei Affen experimentell gefunden worden sind, und dass wenigstens eine Zeitlang totale

[1]) Centres of Vision in the Cerebral Hemispheres, Med. Rec., 1881.
[2]) Pflügers Archiv, Bd. 4, 1884.
[3]) Ibidem, p. 450.
[4]) Sensorial Localisations in the Cortex Cerebri, Brain, vol. 7. 1885, p. 145.
[5]) l. c. p. 48.

Erblindung des Auges der entgegengesetzten Seite nach vollständiger Zerstörung der Sehsphäre sich einstellt. Dasselbe wird auch durch die neuesten Versuche Bechterew's[1]) bestätigt. Bechterew gibt an, dass Hunde und Katzen zwei Rindenfelder besitzen, die der Sehfunction obliegen, das eine liegt in der Occipito-temporal-Gegend und ist mit den correspondirenden Hälften beider Netzhäute in Verbindung zu bringen, das andere gehört nahezu ganz der Parietalgegend an und steht nur zu dem Auge der entgegengesetzten Seite in Beziehung. Läsion des ersteren ruft homonyme Hemiopie hervor, Läsion des letzteren, die im Allgemeinen im Gefolge mit derjenigen des anderen auftritt, bedingt zugleich mit Hemiopie Amblyopie des Auges der entgegengesetzten Seite infolge Lähmung des Centrums für das deutliche Sehen. Diese combinirte Affection weicht gewöhnlich nach einer geraumen Zeit der homonymen Hemiopie, oder es schwindet die Hemiopie und gekreuzte Amblyopie bleibt zurück. Bechterew's Schlussfolgerungen dienen unter Anderem zur Erklärung der Versuchsresultate, zu denen Gilman-Thompson und Sänger-Brown[2]) gelangt sind, und stehen dieselben im Widerspruche mit denjenigen von Goltz, Munk und den meisten anderen Physiologen, denn die Ersteren finden, dass Läsionen von hinreichender Ausbreitung und Tiefe in dem hinteren Theile der Hinterhauptgegend bei Katzen und Hunden jedesmal Erblindung des Auges der entgegengesetzten Seite ohne Abschwächung des Sehvermögens des gleichseitigen Auges nach sich zieht, den letzteren Autoren hingegen scheint die Bestimmung der Ausbreitung der Sehsphäre nach dem Körpermaasse wichtiger und maassgebender zu sein als diejenige im Sinne genauer anatomischer Localisation. Diese Autoren geben nämlich an, dass, um eine permanente Blindheit zu erzielen, bei Katzen 2,5 bis 3 Cubikcentimeter Hirnsubstanz entfernt werden müsse und bei Hunden 4,5 bis 6 Cubikcentimeter; überdies muss weiterhin, um obigen Effect zu erzielen, bei Katzen der Einschnitt wenigstens 0,5 Centimeter tief und 2 Centimeter lang sein, bei Hunden ist ein Schnitt von 1 Centimeter Tiefe und 3 Centimeter Länge nöthig; und hiebei müssen wenigstens zwei Windungen in dieser Weise abgetragen werden. Kleinere Läsionen rufen vollständige Erblindung des Auges der entgegengesetzten Seite hervor, die einen Tag oder auch zwei bis sechs Wochen dauert. Nach ihren Versuchen schliessen diese Autoren, dass bei Katzen und Hunden im Chiasma eine vollständige Decussation der Sehnerven stattfindet. Dies ist jedoch durch die Untersuchungen Gudden's[3]) widerlegt worden, welcher die partielle Decussation der Tractus optici bei Hunden und Katzen nachgewiesen hat und weiterhin fand

---

[1]) Referat im Neurolog. Centralblatt, April, 1890.

[2]) Researches of the Loomis Laboratory, 1890.

[3]) Archiv für Ophthalmologie, 1874, 20. Band.

Nicati[1]) experimentell, dass Durchschneidung des Chiasma im sagittalen Durchmesser in keinem Auge vollständigen Verlust des Sehvermögens hervorruft. Die neueren und an dieser Stelle bereits erwähnten Untersuchungen von Singer und Münzer haben erwiesen, dass im Chiasma

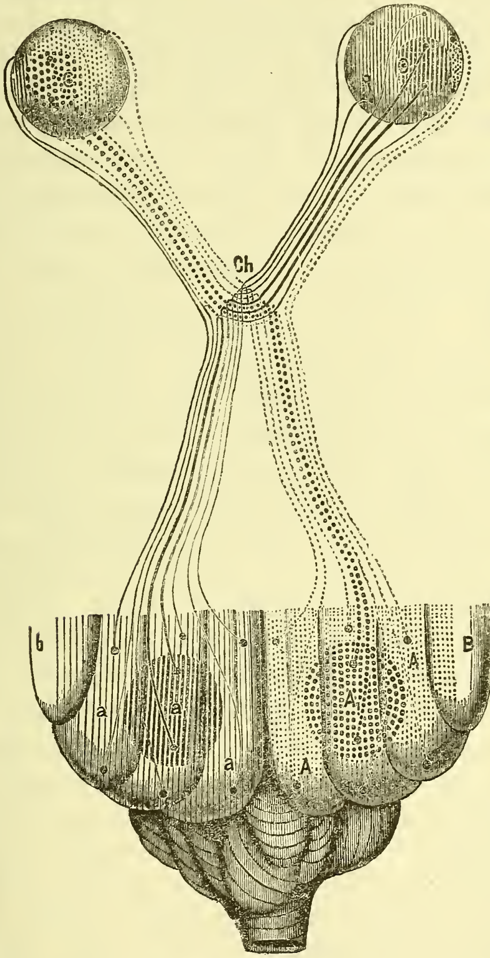


Fig. 15. Beziehungen der Augen zu dem Sehcentrum beim Hunde (nach Munk).

der Katze, des Hundes und auch des Kaninchens nur partielle Decussation vorkommt.

Die exacte Grenzbestimmung der Sehsphäre beim Hunde ist noch immer Gegenstand von Meinungsverschiedenheiten, doch stimmen alle darin überein, dass in die Sehsphäre die hintere Hälfte der zweiten äusseren Windung einbezogen werden müsse. Das ist eben jene Windung,

[1]) Archives de Physiologie, 2nd Series, Tome 5, 1878.

welche nach ihrem elektrischen Reactionsergebnisse dem Gyrus angularis und dem Hinterhauptlappen bei den Affen entspricht. Das von Munk angegebene Sehfeld ist in der beigegebenen Figur schematisch dargestellt (Fig. 15). Die hauptsächlich im hinteren Theile der zweiten äusseren Windung befindliche Stelle A hält Munk für das Centrum des deutlichen Sehens (Macula lutea) des entgegengesetzten Auges; die mittlere Partie der Sehsphäre, die bereits an die Falx grenzt, betrachtet er als das Centrum für die innere Hälfte, die vordere Portion für die obere Hälfte und den hinteren Theil als das Rindenfeld für die untere Hälfte der Netzhaut der entgegengesetzten Seite. Die laterale Portion betrachtet Munk als das Rindenfeld für den äusseren Quadranten des gleichseitigen Auges. Er gibt an, dass Zerstörung eines jeden solchen Rindenfeldes in der entsprechenden Gegend des entgegengesetzten Auges, oder des gleichseitigen Erblindung herbeiführt und ist das Thier nur durch abnorme Fixation der Augen, oder durch allmähliche Uebung im Stande, die in solcher Weise entstandenen hemiopischen Defecte zu verdecken. Als Ergebnis der Exstirpation eines runden Rindengebietes in der Gegend A, das im Durchmesser gegen 15 Millimeter und in der Dicke 2 Millimeter beträgt, beschreibt Munk ein ähnliches bereits von Goltz angegebenes Verhalten des Gesichtes oder der Gesichtswahrnehmung. Das Thier ist nicht erblindet, insofern es im Stande ist Hindernissen aus dem Wege zu gehen, doch hat es den sicheren Anschein, als ob es das Erkennungsvermögen der Objecte gänzlich eingebüsst hätte. Dieses Verhalten bezeichnet Munk als „Seelenblindheit“ und ist dasselbe vollständig von jenem Zustande verschieden, den er Rindblindheit nennt und der in sich schliesst den gänzlichen Verlust der Objectwahrnehmung und der Objecterkennung. Zur Erklärung dieses Verhaltens bietet Munk eine, anscheinend nicht ganz stichhältige Hypothese, nach welcher er behauptet, dass durch Zerstörung der in Frage stehenden Region alle Sehbilder, die in und rings um jenes Feld angehäuft sind, einfach verloren gehen und das Thier von Neuem im Laufe der Zeit gleichsam durch den Process des Erlernens einen neuen Schatz von Bildern erwirbt, welche in dem unversehrten Theile der Sehsphäre deponirt werden. Manche Sehbilder jedoch, die fester haften als die übrigen, mögen vielleicht der allgemeinen, durch die „bilderzerstörende“ Läsion hervorgerufenen Vernichtung entgehen; in dem einen Falle ist es das Bild der Schale, aus welcher das Thier zu trinken gewohnt war, in einem anderen ist es wieder das Zeichenbild zu „Gib' die Pfote,“ welcher bildlichen Aufforderung das Thier gewöhnlich nachzukommen suchte. Goltz hat in folgender mehr scherzhafter Weise an dieser Hypothese Kritik geübt:

„Ein beträchlicher Theil der Rinde des Hinterhauptlappens wird von Munk als Sehsphäre beschrieben. Nach ihm ist jedoch bei weitem

der grössere Theil dieses Rindenfeldes reiner Luxus. Die Erinnerungsbilder der Gesichtswahrnehmungen sind, wie die Schafe bei einem Ungewitter, an einer kleinen Stelle zusammengedrängt, die nur etwa $^2/_7$ von dem ganzen Sehfelde beträgt. Wird dieser kleine Fleck, welcher der Macula lutea der menschlichen Netzhaut entsprechen soll, beiderseits zerstört, so wird das Thier Anfangs blind und nur allmählich lernt dasselbe, wie ein junger Hund, mit Hilfe des übrigen Theiles des Sehfeldes sehen. $^5/_7$ der Sehsphäre — ein grosser Theil der Hirnrinde — scheint deshalb reservirt zu sein, damit ein Hund, der in die Hände eines Physiologen geräth, wiederum das Sehen erlernen kann, wenn dessen zusammengedrängte Masse von Gesichtsbildern zerstört worden ist. Alle Hunde somit, welche diesem verhängnisvollen Schicksale entgehen — seit der Schöpfung gibt es deren eine Unmenge —, beherbergen während ihres Leben $^5/_7$ ihrer Sehsphäre als brachliegendes uncultivirtes Rindenfeld. Wahrlich die wunderbarste unter allen Hypothesen[1]."

Wenn auch der Fall vorläge, dass die verschiedenen Theile der Netzhaut durch die bezeichneten Stellen der Sehsphäre central vertreten wären, so ist es unwahrscheinlich, dass dieselben ganz genau, ausser durch exacte perimetrische Untersuchung, die doch selbstredend bei niederen Thieren nicht vorgenommen werden kann, bestimmt werden können. Die Schwierigkeiten, derartige Fragen bei niederen Thieren zu entscheiden, werden durch Munk's Mittheilung über seine Erfahrungen bei Versuchen mit Kaninchen[2]) am besten illustrirt. „Mindestens hoffte ich angeben zu können, mit welchem Auge das Kaninchen besser, und mit welchem es schlechter sah. Doch irrte ich mich darin, weil es gelegentlich vorkam, dass dort, wo ich durch meine Untersuchungen herausgefunden hatte, dass ein grösserer Sehdefect im linken Auge bestehe, der Post-mortem-Befund die Thatsache ergab, dass der linke Tractus opticus und der rechte Sehnerv mehr atrophisch waren, als der rechte Tractus und der linke Opticus." — Auf Grund einer Reihe von sinnreichen und sorgfältig ausgeführten Experimenten behauptet Loeb, dass den Anschauungen Munk's, dass einzelne Segmente der Netzhäute in besonderer Beziehung stehen zu bestimmten Regionen der Sehsphäre, die Grundlage gänzlich fehle. Stets haftet einem Gesichtsdefect nach Läsion des hinteren Lappens der gleiche hemiopische oder amblyopische Charakter an, es mag welcher Theil der Sehsphäre auch immer verletzt worden sein. Der seitliche Antheil dieser Sphäre steht nicht in besonderer Beziehung mit dem äusseren Quadranten des gleichseitigen Auges, noch steht irgend ein Theil des Sehfeldes mit einem Theile der Retina der entgegengesetzten

---

[1]) l. c., p. 175.

[2]) Sitzungsberichte der Akad. d. Wissensch. zu Berlin, Vol. XXXI. 20. Juni 1889, p. 631.

Seite mehr im Zusammenhang als irgend ein anderer. Besonders ist es das centrale Sehen, welches in allen Fällen unilateraler oder bilateraler Läsion der Sehzone am wenigsten afficirt wird. Wenn die speciellen von Munk angegebenen Regionen zerstört werden, wird weder irgend eine excentrische, oder abnormale Fixation der Bulbi sich einstellen, die nothwendiger Weise zu Stande kommen müsste, wenn die entsprechenden Theile gelähmt wären, noch ist behufs Wiederherstellung der Sehfunction, nach partiellen Läsionen des Sehfeldes, Uebung oder die Erwerbung neuer, durch das Sehorgan erlangter Erfahrung notwendig, nachdem das Sehvermögen sich auch einstellt, wenn das Versuchsthier in einem finsteren Raume gefangen gehalten wird, wodurch jede Anregung der Sehnerven ausgeschlossen wird.

Bei Kaninchen müsste gemäss der Homologie der elektrischen Reizversuche das Sehcentrum in der Parieto-Occipitalgegend der Hemisphäre liegen. Es scheint aber, dass bei diesen Thieren das Sehfeld nicht exact genug von irgend einem Beobachter bestimmt worden ist, obgleich zuverlässige Versuche Moeli's[1]) auf Läsionen der bezeichneten Gegend hinweisen, in Folge deren wenigstens temporäre Erblindung des Auges der entgegengesetzten Seite zustande kommt. Man nahm an, dass bei diesem Thiere im Chiasma eine vollständige Kreuzung der Tractus optici sich vollziehe, und dies umsomehr, als die Versuche von Brown-Sequard dargethan haben, dass eine sagittale Durchschneidung des Chiasma den vollständigen Verlust des Sehvermögens beider Augen nach sich zieht. Die totale Kreuzung im Chiasma des Kaninchen wurde auch durch die früheren Untersuchungen von Gudden bereits nachgewiesen, welcher gefunden hat, dass nach Enucleation eines Bulbus nur der Tractus opticus der entgegengesetzten Seite atrophirte.[2]) Doch in seinen späteren Untersuchungen neigte er zur bestimmten Annahme, dass ein kleines Bündel ungekreuzter oder directer Fasern auch bei diesem Thiere im Tractus opticus vorkommen müsse, welches demjenigen bei den höheren Wirbelthieren nachweisbaren gleichzusetzen sei. Singer und Münzer sind ebenfalls der Meinung, dass im Chiasma des Kaninchens nur eine theilweise Kreuzung bestehe, das ungekreuzte Bündel aber nicht als solches verläuft, sondern die Fasern desselben liegen mehr oder weniger durch den ganzen Tractus opticus zerstreut umher. Bei der Maus und dem Meerschweinchen jedoch ist die Kreuzung eine vollständige. Die partielle Kreuzung der Tractus optici im Chiasma würde die Annahme zur Geltung kommen lassen, dass auch beim Kaninchen beide Augen mehr oder weniger mit jeder Sehsphäre in Be-

[1]) Archives de Physiologie, 1871—72: Sur les Communications de la Rétin avec l'Encephale.

[2]) Archiv f. Ophthalmologie, 20. Bd., 1874.

ziehung stehen und zuverlässige Experimente Munk's schienen diese Meinung zu unterstützen. Doch bedarf diese strittige Frage noch weiterer Untersuchungen.

Bei Tauben und bei Vögeln im Allgemeinen nimmt die Gegend, welche nach den Ergebnissen elektrischer Reizversuche dem Sehcentrum der höheren Thiere homolog erscheint, den hinteren parietalen Hemisphärenantheil, der gleichsam eine dünne Wand über dem Corpus striatum bildet, für sich in Anspruch. Mc. Kendrick[1]) fand, dass Zerstörung dieser Region Erblindung des Auges der entgegengesetzten Seite nach sich zieht, während weder durch die Abtragung des vorderen Theiles der Hemisphäre, noch durch die Zerstörung der hinteren Hemisphärenspitze die Sehfunction beeinträchtigt wird. Aehnliche Versuchsresultate erzielten Jastrowitz[2]) und Musehold,[3]) während Blaschko angibt, dass das Sehvermögen des Auges der entgegengesetzten Seite nach Zerstörung der Rinde in jener bezeichneten Gegend nicht vollständig erlischt, und Munk geradezu behauptet, dass, obgleich anfangs die Sehfunction des Auges der entgegengesetzten Seite vollständig vernichtet zu sein scheint, dieselbe dennoch nach einer geraumen Zeit in der äussersten, oder in der lateralen Portion der Netzhaut wiedergewonnen wird.

Es wird gewöhnlich behauptet, dass bei Tauben die Tractus optici sich im Chiasma vollständig kreuzen, doch v. Gudden äussert Zweifel über die Richtigkeit dieser Annahme. Singer und Münzer meinen, dass bei der Taube eine totale Kreuzung stattfinde. Zur Stütze seiner Behauptungen erwähnt Munk die ganz bestimmten Beobachtungen Müller's, die ergaben, dass ausser der gewöhnlichen Fovea centralis in der Netzhaut der Taube noch eine andere näher der Schläfenseite der Netzhaut gelegene Fovea vorkommt. Durch die äusseren Foveae sollte das binoculare und durch die centralen das monoculare Sehen zustande kommen. Diese Behauptungen fanden durch die ophthalmoscopischen Untersuchungen Hirschberg's ihre Bestätigung.

Mir schien es aber plausibel, dass, wenn irgend ein Vogel das binoculare Sehvermögen besitzen soll, es doch nur die Eule sein kann, deren Augen nahezu in einer Ebene liegen. Um diese Frage zu entscheiden, zerstörte ich jüngst bei einer Eule die ganze rechte Hemisphäre und verband hierauf das rechte Auge. Die Eule reagirt sehr leicht auf Sehproben und bemerkt sofort jede in ihr Gesichtsfeld eintretende Bewegung. Mindestens zehn Tage lang reagirte dieses Thier

---

[1]) Trans. Roy. Soc. of Edinburgh, January, 1873.

[2]) Archiv f. Psychiatrie, Bd. VI, 1876.

[3]) Experim. Untersuchungen über das Sehcentrum bei Tauben. Diss. inaug. Berlin, 1878.

gar nicht auf direct gegen dessen Auge gerichtetes elektrisches Licht, auf drohende Geberden, und, zur Fortbewegung angetrieben, flog die Eule blindlings gegen jedes in ihrem Fluge befindliche Hindernis. Nach dieser Zeit waren Anzeichen vorhandener Gesichtswahrnehmung bemerkbar, die jedoch nur auf das nicht ganz verbundene rechte Auge zu beziehen war. Um somit genau bestimmen zu können, ob die linke Hemisphäre unverletzt war, wurde der Verband des rechten Auges abgenommen, wodurch das Sehen mit dem rechten Auge wieder ermöglicht worden ist, wobei aber keinerlei Anzeichen vorhandenen Sehvermögens des linken Auges herausgefunden werden konnten. Die Eule konnte eine in ihren Käfig gebrachte Maus verfolgen und dieselbe schliesslich fangen, obgleich die Maus, so oft dieselbe links an die Eule herankam, entwischen konnte. Hierauf wurde das rechte Auge entfernt. Sehr leicht konnte man dann erkennen, dass das Thier nicht vollständig blind war, sondern nach rechts hin mit der äusseren Portion seines linken Auges sehen konnte. An seiner rechten Seite bemerkte es drohende Geberden und suchte stets auszuweichen; wurden dem Thiere auf der rechten Seite Fleischstückchen vorgehalten, so pickte es dieselben auf, wobei es wohl nicht ganz genau das Ziel traf; eines Tages machte es rings um seinen Käfig Jagd und fing schliesslich nach manchen Schwierigkeiten eine Maus, welche es dann verschlang. Es kann somit bezüglich der binocularen Beziehungen einer jeden Hirnhemisphäre bei der Eule kein Zweifel vorwalten. Trotzdem wird von Michel, sowie auch von Singer und Münzer behauptet, dass bei der Eule eine totale Kreuzung der Tracti optici im Chiasma stattfinde. Lässt man dies gelten, so folgt daraus, dass totale Kreuzung der Tractus optici nicht unvereinbar ist mit der Thatsache, dass durch jede Hirnhemisphäre der binoculare Sehact ermöglicht wird.

Meine eigenen Versuche, sowie diejenigen von Munk, Horsley und Schäfer thun dar, dass wenn die Läsionen ganz genau auf die Sehsphäre beschränkt sind, nur das Sehvermögen beeinträchtigt, oder ganz vernichtet wird, ohne dass die anderen Formen der Sensibilität im Allgemeinen oder im Speciellen und die Motilität in Mitleidenschaft gezogen werden. Die von manchen Autoren angegebenen conträren Versuchsergebnisse sind zweifellos hervorgegangen aus einer primären oder secundären Affection der übrigen sensorischen oder motorischen Bahnen, oder Centren. Bei den Goltz'schen Versuchen hat es den Anschein, als ob die Affectionen des Gesichtes nach Läsion der Hinterhauptgegenden fast stets mit anderen Formen sensorischer Störung vergesellschaftet waren, doch sein Operationsverfahren war gerade nicht ein derartiges, dass jedwede Läsion der sensorischen Bahnen der inneren Kapsel oder anderer sensorischer Gegenden der Rinde ausgeschlossen werden konnte. Ob nach

Zerstörung der ganzen Sehsphäre bei den höheren Thieren, beim Menschen und beim Affen irgend eine Art von Reaction nach Netzhauteindrücken, abgesehen von den Pupillarreactionen, fortbestehen mag — für welche Annahme Goltz bezüglich des Hundes, Luciani, Tamburini und Lannegrace sogar bezüglich des Affen eingetreten sind —, ist weder durch klinische Beobachtung, noch durch meine eigenen Experimente, noch durch die von Munk an Affen vorgenommenen Versuche erwiesen. Obgleich der Affe, vollständig erblindet nach totaler Zerstörung seiner Sehcentra, Hindernissen, falls dieselben inmitten seiner gewohnten Umgebung sich befinden, aus dem Wege zu gehen vermag, so scheint es doch, dass er dies eher in Folge der feinen Ausbildung seiner übrigen Fähigkeiten, oder vielmehr durch die aufmerksame Erfassung der von den umgebenden Objecten ausgehenden Eindrücke imstande ist zu thun, als durch den Gesichtssinn selbst. Es ist dies ein strittiger Punkt, der weiterer Untersuchung bedarf: denn, wenn bei niederen Vertebraten, wie bei Fischen, Reptilien und Vögeln, Netzhauteindrücke mit deutlichen zweckdienlichen Bewegungsacten, die von den subordinirten Centren ausgehen, coordinirt sind, so ist mindestens die Möglichkeit vorhanden, dass ähnliche Reactionen auch bei höheren Thieren, wenn auch in einem viel geringeren Grade, eruirbar sind. Es ist gewiss, dass das Sehfeld der Hirnrinde kein blosses functionell differenzirtes Gebiet sei, das andere corticale Regionen substituiren, oder auch von diesen ersetzt werden kann, umsomehr als die Zerstörung der Sehcentra zur Atrophie in den primären optischen Centren, der Tractus optici und zur Atrophie der Sehnerven führt; umgekehrt führt aber auch Destruction der Sehstrahlungen zu einer Atrophie, die ganz genau beschränkt ist auf die in die Sehsphäre einbezogenen Rindengebiete. Die Differentiation eines Rindenfeldes würde, so weit wenigstens nach klinischen und experimentellen Ergebnissen geschlossen werden kann, die Hypothese sehr stützen, dass auch die übrigen sensorischen Fähigkeiten in gleicher Weise, jede für sich, in bestimmten Rindenfeldern localisirt sind.

VIERTE

VORLESUNG.



Das Hörcentrum.

Meine Herren! — Von den Reactionen, die infolge elektrischer Reizung der Hirnrinde eintreten, gibt es eine, oder vielmehr eine ganze Reihe zusammengehöriger Reactionen, die füglich als äussere Zeichen vorhandener subjectiver Gehörswahrnehmung betrachtet werden können, und waren auch in meinen ersten einschlägigen Versuchen, die Hörsphäre mittelst der destructiven Methode genau zu bestimmen, diese Reactionen meine Wegweiser. Die in Frage stehende Reaction kommt zu Stande nach Reizung der oberen Schläfenwindung und der homologen Rindenfelder bei den niederen Thieren und besteht dieselbe in rascher Retraction und im Aufrichten des entgegengesetzten Ohres, denen sich häufig gleichzeitig weites Oeffnen der Augen, Pupillenerweiterung und Wenden des Kopfes und der Augen nach der entgegengesetzten Seite hinzugesellen. Es sind dies gerade jene Erscheinungen, welche gewöhnlich auftreten, wenn ein lauter Ton plötzlich das Ohr des Affen trifft, wie ich mich durch einen actuellen Versuch überzeugen konnte. Doch fällt die Reaction in ihrem Gesammtbilde etwas verschieden aus. Ist das allererste Erstaunen vorüber, und wird der Versuch wiederholt, so tritt sofort Aufrichten, oder Retraction des Ohres auf, aber im Allgemeinen bleiben die übrigen Erscheinungen des Reactionsbildes aus, wie der durchdringende Blick in Folge von Ueberraschung und das Wenden des Kopfes und der Augen nach der vermeintlichen Quelle des Schalles. Bei weitem chrakteristischer sind jedoch die Ergebnisse nach Reizung des homologen Rindenfeldes (14, Fig. 9—11) bei denjenigen Thieren, deren Lebensweise ihre Sicherheit von der Schärfe ihres Gehörs ganz und gar abhängig macht. Das fragliche Rindenfeld bildet der hintere Theil der dritten äusseren, oder der oberen Sylvischen Windung. Die allen diesen Thieren gemeinsame Reactionserscheinung besteht im Aufrichten des entgegengesetzten Ohres, während die übrigen Factoren der Reaction in ihrer Intensität variiren. Beim Kaninchen ruft Reizung der bezeichneten Region plötzliches Aufrichten des Ohres, sowie auch Retraction und Hinneigung der Ohröffnung gegen die Schallrichtung. Gelegentlich schrickt das Thier plötzlich auf und macht eine Bewegung, als wollte es vom Tische abspringen. Beim wilden

Schakal beobachtete ich ebenfalls in ein oder zwei Fällen, dass derselbe infolge elektrischer Reizung dieses Rindenfeldes plötzlich aufsprang, beide Ohren aufrichtete, als wäre es heftig erschreckt worden. Wenn die nach Reizung der Occipito-angular-Gegend auftretenden Bewegungen des Augapfels als Zeichen der Entstehung subjectiver Gesichtswahrnehmung angesehen werden, so glaube ich umso mehr berechtigt zu sein, die erwähnten Reactionserscheinungen als charakteristische Kennzeichen hervorgerufener subjectiver Gehörswahrnehmung hinzustellen, obgleich die Erkennung und Bestimmung von Gehörsaffectionen bei niederen Thieren nicht so leicht sind, wie diejenigen des Gesichtes. Es ist nämlich schwierig zu unterscheiden zwischen reinem reflectorischen Aufspringen infolge von Schalleindrücken und der wirklichen Gehörswahrnehmung. Auch ist es nicht leicht, zusammentreffende Erscheinungen auszuschliessen, oder gar zu verhindern, dass die Aufmerksamkeit des Thieres durch andere Pforten der Wahrnehmung, wie durch diejenigen des Gesichtes, oder des Geruches, oder durch die tactile Empfindlichkeit, welche durch Vibration, Wärme, Luftbewegung und Aehnliches angeregt wird, in Anspruch genommen wird. Das momentane Verhalten des Versuchsthieres müsste mit seinem früheren und mit demjenigen normaler Thiere bei Einwirkung verschiedener Schalleindrücke unter sonst gleichen Verhältnissen verglichen werden. Und wenn auch all' diese Cautelen beobachtet werden, so ist es äusserst schwierig, jeder Quelle des Irrthums zu entgehen. Daher mag es kommen, und thatsächlich war es auch der Fall, dass verschiedene Beobachter zu ganz differenten Schlussfolgerungen gelangt sind, und Versuchsthiere fälschlich für taub gehalten wurden, einfach nur deshalb, weil bei denselben die den vorgenommenen einschlägigen Proben entsprechenden Reactionen ausgeblieben sind.

Ueber eines meiner früheren Experimente, wobei ich die oberen Zweidrittel der oberen Schläfenwindung auf beiden Seiten zerstört hatte, theilte ich bezüglich des Verhaltens des Versuchsaffen einen Tag nach vorgenommener Operation Folgendes mit.[1]) „Gesicht und tactile Empfindung waren erhalten. Es wurden verschiedene Versuche gemacht, um das Vorhandensein, oder das Fehlen des Gehörs zu constatiren, doch war es nicht leicht bei der steten Lebhaftigkeit des Thieres eine untrügliche Gehörprobe vorzunehmen, und war es schwierig einen lauten Ton zu erregen, ohne in irgend einer Weise gleichzeitig die Aufmerksamkeit des Thieres durch Gesichtseindrücke zu erwecken. Folgende Methode wurde nun versucht: während das Versuchsthier ganz ruhig beim Feuer sass, begab ich mich in's andere Zimmer, beobachtete dasselbe ruhig durch den Spalt der halbgeöffneten Thür, rief es dann laut an, pfiff, klopfte an die Thüre und klingelte ans Glas, ohne dass aber das Thier hiedurch veranlasst

[1]) Experiment XV, Phil. Trans., Vol. 265, Part. II, 1875.

wurde, um sich zu blicken, oder irgend ein Kennzeichen zu verrathen, dass es die Töne vernommen habe. Ich näherte mich dann vorsichtig dem Thiere, welches von meiner Anwesenheit erst Kenntnis erlangte, bis es meiner ansichtig wurde. Wurde das gleiche Experiment wiederholt, während der Versuchsaffe und dessen Genossen, um sich zu wärmen, beim Feuer sassen, gab Ersterer kein Zeichen von Gehörswahrnehmung, während seine Genossen ängstlich aufsprangen und neugierig herankamen, um die Ursache des Schalles herauszufinden. Zehn Stunden nachher wiederholte ich in Gegenwart des Dr. Burdon-Sanderson die verschiedenartigen Hörproben, doch reagirte das Thier auf keine einzige. Es schien meine Anwesenheit nicht zu bemerken, auch wenn ich dicht hinter seinem Ohre sprach und stutzte nur, sowie es meiner ansichtig wurde."

Ich theilte auch vier weitere Versuche[1]) mit, bei welchen zugleich mit anderen Theilen des Schläfenlappens auch die obere Schläfenwindung einseitig oder beiderseitig lädirt wurde. In zweien dieser Fälle (XI. und XII.), bei welchen der Schläfenlappen nur auf einer Seite zerstört war, konnte, wenn das gleichseitige Ohr verstopft worden ist, eine Abschwächung oder gänzlicher Verlust der Reaction auf Schalleindrücke nachgewiesen werden, und in zwei anderen Fällen, bei welchen die Zerstörung eine beiderseitige war, konnten in der kurzen Zeit, die das Thier, welches im Uebrigen ganz munter war, am Leben gelassen worden, keinerlei Zeichen für das Vorhandensein von Gehörswahrnehmung eruirt werden. Bei allen diesen Versuchen jedoch war die Zeitdauer, welche von der Operation bis zum Tode des Thieres verstrichen war, zu kurz, um zuverlässige Angaben bezüglich der Fortdauer der Gehörsschwäche machen zu können, welche doch zweifellos vorher nach jeder Richtung beeinträchtigt war. In meinen nachfolgenden im Vereine mit Professor Yeo vorgenommenen Untersuchungen wurde durch eine ausgedehnte Reihe von Experimenten über den Schläfenlappen[2]) zuerst mit Bestimmtheit nachgewiesen, dass, wenn mit Ausnahme der oberen Schläfenwindung, der übrige Theil des Schläfenlappens gänzlich zerstört wurde, keine Merkmale abgeschwächten Hörvermögens herausgefunden werden konnten. Das charakteristische Verhalten eines Affen, dessen zwei oberen Schläfenwindungen durch Aetzmittel zerstört worden sind, erschien uns und allen Anwesenden als ein deutlicher Beweis für die Beziehung der oberen Schläfenwindung zu dem Hörsinne. Wo die Rinde nicht absolut abgetragen war, dort war die graue Substanz unterwühlt und die Markfaserbündel durch die Wirkung der strahlenden Wärme zerstört.

Dieser Versuchsaffe wurde auf dem Internationalen medicinischen Congresse in London im Jahre 1881 den versammelten Physiologen

[1]) Experiments XI, XII, XIII, XIV, op. cit., p. 462.

[2]) Philosophical Transactions, Part, II. 1884.

gezeigt und es wurde hiebei von Allen, so weit dies wenigstens durch eine vergleichende Prüfung seines Verhaltens und desjenigen eines normalen Thieres bei der Explosion eines Zündhütchens im Zimmer bestimmt werden konnte, die Taubheit desselben zugestanden.

Als in Hinblick auf die Experimente Prof. Schäfer's, auf die ich gerade anspiele, bezüglich des wirklichen Verhaltens dieses Thieres vor und nach der Operation Zweifel erhoben wurden, publicirte ich sofort einen ausführlichen Bericht über meine Beobachtungen an diesem Thiere [1]). Kurzgefasst sind es folgende: Abgesehen vom Hörvermögen befand sich das Versuchsthier in vollkommen normalem Zustande. Während der ersten vier Tage nach der Operation konnten durch in dessen unmittelbarer Nähe hervorgebrachte Töne und Geräusche keinerlei Anzeichen für das Vorhandensein des Hörvermögens wahrgenommen werden, indess normale Affen stets auf Schalleindrücke reagirten. Man konnte genau beobachten, wie andere Thiere dem immer mehr sich nähernden Geräusche von Fusstritten aufmerksam lauschten, während das Versuchsthier erst dann Aufmerksamkeit verrieth, sobald die betreffende Person in das Bereich des Gesichtsfeldes gelangt war. Anfangs wenigstens wurde auch die Beobachtung gemacht, dass die Ohren des Thieres nicht zuhorchten, was bei Affen nie der Fall ist, welche zweifellos intactes Hörvermögen besitzen; doch war es zweifelhaft, ob das Fehlen dieser Hörreaction auch während der Zeit, die das Thier noch lebte, anhielt. Während der dreizehn Monate, die man das Thier noch leben liess, wurden fast täglich Hörproben vorgenommen. Den verschiedenen Arten von Schallerregung, wie dem Namensrufe, worauf das Thier immer zu reagiren pflegte, dem klopfenden Geräusche, dem Pfeifen, dem Glockengeläute und dem Aufstampfen auf den Fussboden (ein Geräusch, welches normale Affen insbesonders sofort bemerken), schenkte dieses Thier absolut keine Aufmerksamkeit. Gelegentlich jedoch hatte es den Anschein, als ob es bei Schallerregung in seiner Nähe stutzig wurde, so dass man zweifeln musste, ob es absolut taub war, oder nicht. Doch war es naheliegend, diese Reactionen nur als blosse zufällige Erscheinungen zu betrachten, da das Thier nie in Schrecken gerieth, wenn ein Zündhütchen in dessen Nähe explodirte. Sogar sechs Wochen nach der Operation wurde das Thier, während es auf dem medicinischen Congresse vor den versammelten Physiologen sich ergötzte, durch die Explosion eines Zündhütchens gar nicht erschreckt; hingegen richtete sich ein anderer Affe, der ebenfalls demonstrirt worden war, erschreckt auf, und horchte nach der Quelle des Geräusches. Seit dieser Zeit wurden die Hörproben häufig und in verschiedener Weise wiederholt und glichen die Ergebnisse im Wesentlichen den früheren. Es schien somit der Beweis erbracht worden

[1]) Brain, April, 1888, p. 13.

zu sein, dass das Thier taub war, und dass das bei lauten Geräuschen gelegentlich zu beobachtende Auffahren des Thieres entweder als blosses Zusammentreffen, oder nur als Reflexbewegung zu deuten war, welch' letztere sogar bei Thieren, denen die Hirnhemisphären vollständig abgetragen worden sind, vorzukommen pflegt.

In seinen früheren, im Vereine mit Horsley vorgenommenen Versuchen gelangte Schäfer bezüglich des Gehörsinnes zu keinen bestimmten Ergebnissen, obgleich in einem Falle [1]), wo der rechte Temporosphenoidallappen entfernt worden ist, das Versuchsthier nach Verstopfung des auf der Seite der Läsion befindlichen Ohres mittellaute Töne nicht zu hören schien. Doch weitere unter Beihilfe Sänger-Brown's vorgenommene Versuche benahmen ihm jedweden Zweifel, den derselbe noch über diesen strittigen Punkt gehegt hatte, und überzeugte er sich selbst, dass das Gehör nicht nur nach vollständiger Entfernung der oberen Schläfenwindungen, sondern auch beider Schläfenlappen selbst nicht im geringsten Grade beeinträchtigt wurde. Seine Versuchsergebnisse beschreibt er in folgender Weise [2]):

„Bei sechs Affen haben wir auf beiden Seiten die obere Schläfenwindung mehr oder weniger vollständig zerstört. Ich sage, mehr oder weniger vollständig, weil in dem einen oder anderen Falle ein kleiner, der oberen Schläfenwindung zugehöriger Streifen grauer Substanz bei der Section gefunden wurde, doch war die Läsion in allen sechs Fällen im Grossen und Ganzen als vollständige zu bezeichnen und einzelne in den Fissuren befindliche und der Windung angrenzende Stellen grauer Substanz waren Alles, was noch als Windungsrest angesehen werden konnte und sogar letzterer war überdies von seinem medullaren Centrum getrennt. Um jedoch ganz bestimmte Gewissheit zu erlangen, trennten wir bei einem Affen, einem grossen weiblichen Rhoesus, die dem Gyrus angrenzenden Fissuren und schabten ersteren von dem Grunde der Furchen aus vollständig ab, so dass nicht ein Streifen von der Windung übrig geblieben war. In allen sechs Fällen war das Ergebnis ein gleiches. Das Gehör war nicht nur nicht dauernd geschwunden, sondern es war nicht einmal merklich afficirt. Sogar gleich nach dem Erwachen aus der Narkose reagirten die Thiere auf leichte Schallerregungen von etwas ungewöhnlichem Charakter, wie auf Lippenschnalzen, oder auf das Geräusch, welches durch Zerknittern von Zeitungspapier hervorgebracht wird. Einige von den Affen wurden mehrere Monate hindurch beobachtet, und haben wir uns hiebei überzeugt, dass dieselben im vollen Besitze ihres Hörvermögens sich befanden. Auch konnte man all' die Reactionen, welche die Thiere auf Schallerregungen darboten, nicht als einfache Reflex-

[1]) Experiment XXX, Philos. Trans., 1880.

[2]) Brain, Vol. 10, p. 373.

actionen hinstellen, da ganz genau erwiesen werden konnte, dass die Thiere den Charakter der verschiedenen hervorgebrachten Geräusche erkannten, wie jene, die durch das Drehen des Thürgriffes entstehen, oder auch die Verschiedenartigkeit der Fusstritte bei verschiedenen Leuten erkannten und die Art und Grösse der Erregung der Thiere verrieth die genaue Kenntnis der durch verschiedenartige Geräusche sich kundgebenden Bewegungsacte."

Zwei von diesen Versuchsthieren, bei welchen die Zerstörung der oberen Schläfenwindung nahezu eine vollständige gewesen zu sein schien, wurden von mehreren Mitgliedern der Neurologischen Gesellschaft eingehend untersucht. Zwei Mitglieder jedoch, welche die Methode ihrer Hörprüfung nicht angeben, nahmen an, dass das Hörvermögen des Thieres intact sei, während Andere glaubten, dass eines von den Versuchsthieren das einemal Schalleindrücke wahrnehme, und ein anderesmal links taub zu sein schien, und bei einer anderen Gelegenheit wiederum nicht so leicht und so exact wie ein normales Thier auf Schalleindrücke reagirte [1]).

Um zu zeigen, wie schwierig es ist, über diesen Gegenstand zu bestimmten und zuverlässigen Resultaten zu gelangen, will ich nur erwähnen, dass ein Mitglied der Neurologischen Gesellschaft einen vollkommen normalen Affen in gleicher Weise für taub hielt, wie einen Affen, dem beide oberen Schläfenwindungen entfernt worden sind und dessen Taubheit von einem anderen Mitgliede constatirt worden ist. Schäfer [2]) glaubt, dass ich ebenfalls überzeugt war von der Intactheit des Hörvermögens seiner Versuchsthiere. Eine derartige Prüfung, die ich an denselben vorgenommen, erbrachte, wie ich glaube, hierüber keinen unzweideutigen Erweis. Es scheint auf diese Weise zwischen den Versuchsresultaten Schäfer's und denjenigen Yeo's und den meinigen ein unaufklärbarer Widerstreit zu bestehen. Wenn auch bei seinen Versuchsthieren nach der doppelten Läsion das Hörvermögen nicht erheblich beeinträchtigt war, so war dies sicherlich bei den unserigen nicht der Fall, denn hierüber konnte wohl kein Zweifel sein, dass ein bedeutender Unterschied zwischen unserem Versuchsaffen und einem normalen Affen bestand, und man konnte nur zweifeln, ob dieselben überhaupt eine Spur von Hörvermögen besassen.

Um nun über diesen Gegenstand womöglich Licht zu verbreiten, nahm ich jüngst die Untersuchung hierüber auf. Bei einem Affen entfernte ich die ganze convexe Oberfläche des linken Schläfenlappens mit Einschluss der oberen Schläfenwindung. Das Thier erholte sich rasch von der Operation und, obgleich es unzweifelhaft Hörvermögen besass, so schien es dennoch in den ersten Tagen, dass das Thier weniger deutlich

---

[1]) Siehe Brain, July 1889, p. 164.

[2]) Philos. Transact., 1888, B. 30. p. 325.

nach rechts als nach links hörte. Vierzehn Tage nachher wurde auf der rechten Seite eine gleiche Operation vorgenommen, doch befand sich das Thier, obgleich es fünf Tage am Leben blieb, in einem Zustande grosser Apathie. Nichts von dem, was um dasselbe herum geschah, erregte dessen Aufmerksamkeit und reagirte es ganz und gar nicht auf die lautesten Geräusche, die in dessen unmittelbarer Nähe hervorgebracht worden sind. Mit Rücksicht auf die kurze Zeit, die das Thier nach der Operation noch lebte, war das Experiment nicht ganz befriedigend. Ein anderer Affe, bei welchem ich die beiderseitige Zerstörung der oberen Schläfenwindung, bei einem Intervall von einem Monate zwischen der Ausführung der zwei Operationsacte, vorgenommen hatte, war ganz besonders für Hörversuche geeignet. Der Versuchsaffe war zahm und anhänglich, und vor Aus-

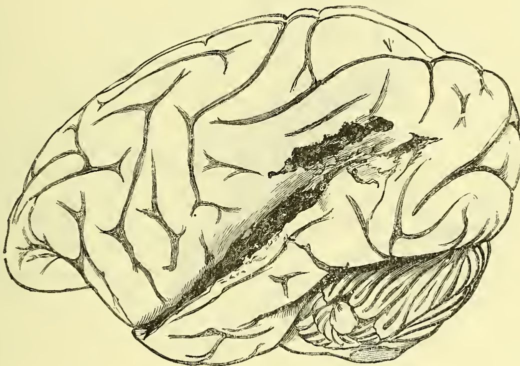


Fig. 16.

führung der Operation wurde dessen Verhalten unter den verschiedensten Verhältnissen genau beobachtet und festgehalten. Der Affe war im Uebrigen munter und lebhaft und kreischte recht laut. Wurde derselbe beim Namen gerufen, so wandte er sich stets um und kam an einen heran. Er konnte mit den Lippen schnalzen und noch andere Lockrufe hervorbringen; wenn irgend einer sich ihm näherte, oder die Thüre, welche zum Laboratorium führte, wo der Affe gefangen gehalten wurde, geöffnet wurde, so schrie er vor Freude laut auf. Wurde eine Papierdüte, aus welcher der Affe gewöhnlich Zuckerwerk bekam, knisternd eingerollt, so war dies für ihn das Signal, um laut aufzuschreien, und in gleicher Weise that er dies, wenn der Henkel einer Schublade, in welcher Aepfel und Früchte verborgen waren, bewegt wurde. Er hatte einen unersättlichen Appetit und schrie fortwährend nach Futter, wovon er nie genug zu haben schien. Dazu wurde er stets von Durst gequält und beim Geräusch des plätschernden Wassers, was durch Drehen einer mit Wasser gefüllten

Röhre hervorgerufen wurde, schrie der Affe laut auf, wollte herausgelassen werden, um aus der Röhre Wasser schlürfen zu können.

Jedes in seiner Nähe entstandene Geräusch, oder eine Bewegung eines seiner Genossen, die in anderen Käfigen untergebracht waren, erregte seine lebhafte Aufmerksamkeit. Er erging sich fortwährend in Spielen und Possen und konnte in jeder Hinsicht bei ihm jede Alteration seines Hörvermögens, oder irgend einer der übrigen Fähigkeiten am leichtesten bestimmt und erkannt werden. Die linke obere Schläfenwindung wurde am 8. October abgetragen. (Wie im Photogramm, Fig. 16, zu sehen ist, wurde auch eine schmale Portion der mittleren Schläfenwindung zerstört.)



Fig. 17.

Wie später herausgefunden worden ist, traten den nächsten Tag infolge Auftretens einer nochmaligen Blutung und infolge der Prallheit in der Wunde ein oder zwei rechtsseitige epileptische Anfälle auf. Nach Lüftung und Wiederverband der Wunde cessirten die Anfälle gänzlich und das Thier wurde wieder ganz heiter und lebhaft.

Den zweiten Tag drehte sich der Affe um, als in der Nähe seines linken Ohres mit Schlüsseln geklirrt worden, blieb aber ruhig, als die gleiche Probe rechts vorgenommen wurde. Den folgenden Tag und auch fernerhin hatte es den Anschein, als ob sein Hörvermögen dasselbe wie vor der Operation geblieben sei. Es wurde auch bemerkt, dass sich beim Affen vollkommene rechtsseitige Hemiopie eingestellt hat, ein Zustand, der bis zu seinem Tode, fünf Monate nach vorgenommener Operation, mehr oder weniger vollständig andauerte. Wie die Obduction ergeben hat, so war diese Hemiopie aller Wahrscheinlichkeit nach durch die nochmalige Hämorrhagie bedingt, die einen Tag nach der Operation

aufgetreten ist, und die Ausstrahlungen des Opticus in der Occipito-angulargegend zerstört hat.

Den 5. November wurde die rechte obere Schläfenwindung blossgelegt und abgetragen. Diesmal entging das untere Endstück der Windung fast gänzlich der Zerstörung (Fig. 17). Den darauffolgenden Tag riefen in der Nähe des Thieres erzeugte Geräusche bei demselben keine Reaction hervor; weder das Zuschlagen der Laboratoriumsthür, noch das Geräusch in Folge von lauten Fusstritten lenkten wie früher seine Aufmerksamkeit auf sich.

Am dritten Tag reagirte der Affe, der sonst munter und aufgeweckt blieb, auf keinerlei Schallerregungen, hörte nicht auf den Ruf, vernahm nicht das Geräusch der Fusstritte auf den Treppen, hörte nicht das Plätschern des Wassers, doch trank das Thier gierig Wasser, wenn man es ihm vorhielt; es wurde nicht stutzig durch das Geschrei zweier Thiere, welche sich im benachbarten Käfig befanden, und reagirte überhaupt nicht mehr auf Schalleindrücke, welche vorher sein lebhaftes Interesse erweckt haben.

Den siebenten Tag war der Zustand des Thieres im Wesentlichen derselbe. Es vernahm nicht seinen Namensruf, oder das Zuschlagen der Laboratoriumsthür; auch nahm es keine Notiz davon, wenn die Schublade, in welcher sich sein Futter befand, mit Geräusch vorgezogen wurde, oder wenn mit der Papierdüte, die Zuckerwerk enthielt, ein Knistergeräusch hervorgerufen wurde; das Plätschern des Wassers vernahm es gleichfalls nicht. Trotzdem die verschiedensten Geräusche, wie Klappern, lautes Gebell, Pfeifen, hervorgebracht wurden, wodurch die übrigen Thiere in den benachbarten Käfigen aufgeschreckt worden sind, so verhielt sich der Versuchsaffe ganz ruhig, führte seine gewohnten Verrichtungen aus, ass ab und zu, oder suchte auf dem Boden seines Käfigs nach Futter. Am zehnten Tage war das Verhalten des Thieres im Wesentlichen dasselbe. Es reagirte nicht auf Namensruf, hörte nicht das Stampfen mit den Füssen, iufolgedessen die anderen zwei normalen Affen im benachbarten Käfig ängstlich umherblickten. An demselben Tage wurde eine Hörprobe vorgenommen, worauf das Thier früher stets reagirt hatte. Es war bereits spät abends, ich löschte das Licht aus, stieg die Treppe hinan und schloss die Thüre. Mehreremale öffnete ich die Thüre und rief das Thier mit seinem Namen an. Einer von den übrigen Affen schrie daraufhin laut auf, doch das Versuchsthier blieb ganz ruhig. Bei früheren Gelegenheiten schrie es bei einem solchen Rufe ebenfalls laut auf. Am folgenden Tage wurden dieselben Proben und mit gleichem negativen Resultate vorgenommen. Der Versuchsaffe, der an dem Diener des Laboratoriums sehr hing, ging jedesmal auf letzteren zu, so oft er von demselben angerufen wurde, doch an diesem Tage schenkte der Affe,

welcher auf dem Tische sich befand und stets auf meine Bewegungen achtete, den wiederholten Rufen des Dieners, der gerade die Treppe heruntergekommen und hinter dem Thiere stehen geblieben war, keine Aufmerksamkeit und drehte nicht einmal seinen Kopf nach ihm um.

Den 20. November (15 Tage nach der Operation) wurde folgendes notirt.

„Das im Uebrigen gesunde und lebhafte Thier stösst, während es ganz ruhig beim Feuer sitzt, gelegentlich Töne aus, die Wohlbehagen verrathen; es schreit auch laut auf, wenn es Futter braucht, doch wenn es zur Fütterung gerufen wird, leistet es keine Folge; den ihm bekannten Geräuscharten, wie demjenigen, das beim Hervorziehen der Schublade, die Aepfel enthält, oder demjenigen, das durch das Drehen eines mit Wasser gefüllten Gefässes entsteht, schenkt es keine Aufmerksamkeit, obwohl es früher hiedurch zu lebhaften Bewegungsacten angeregt wurde. Heute wurde eine Schachtel, in welcher sich eine Pfeife befand, die mit einem langen Kautschukrohre angeblasen werden konnte, so dass hiedurch die Vornahme der Probe den Blicken des Thieres entzogen wurde, in den Käfig gelegt, und trotzdem die darin befindliche Pfeife mehrmals geblasen wurde, so verblieb der Affe absolut ruhig. Drei andere Affen gaben bei dieser Hörprobe Zeichen von Schreck und Verwirrung zu erkennen."

Damals lag auch die Frage nahe, ob das Thier durch die Wahrnehmung von Vibrationen beim Herabsteigen auf der zum Laboratorium führenden Treppe des Fusstrittgeräusches nicht gewahr werde? Es war jedoch vollständig erwiesen, dass das Thier, während es sichtlich auf der Hut war und aufmerksam um sich blickte, dennoch kein Geräusch, das, um es abzulenken, erregt worden ist, wahrgenommen hatte. Den 30. November, drei Wochen nach vorgenommener Operation, wurden diese Beobachtungen von mir und einem Assistenten durch eine mehrere Stunden sorgfältig vorgenommene Untersuchung nochmals bestätigt. War aber alles rings umher ruhig, so schien der Affe die Nähe irgend jemandes, der oben auf dem Flur ging, oder die zum Laboratorium führende Thüre öffnete, gewahr zu werden, was er auch durch jedesmaliges Geschrei zu erkennen gab. Doch wurde dies insbesonders früh Morgens bemerkt, zu welcher Zeit der operirte und die übrigen Affen in Erwartung ihres Frühstückes eifrig nach der Treppe blickten. Wiederholte im Verlaufe der folgenden Woche angestellte Beobachtungen brachten Aufklärung über die in den Reactionen auftretenden scheinbaren Unregelmässigkeiten. Es war augenscheinlich, dass, wenn das Thier allein gelassen wurde, es merkte, wenn es angerufen wurde, oder wenn die Thüre, die zu seinem Aufenthaltraume führte, geöffnet, oder zugeschlagen wurde; war aber irgend einer im Laboratorium anwesend, so beobachtete das Thier denselben fort-

während und liess keinerlei Merkmale bestehenden Hörvermögens erkennen; es sah nicht in gleicher Weise herum wie die anderen Affen beim Anrufen, oder wenn verschiedenartige Geräusche erregt wurden. Wenn ich im Laboratorium gerade in das Bereich des Sehfeldes des Versuchsaffen gerieth und mein Assistent denselben, auf der obersten Treppenstufe stehend, laut anrief, so achtete das Thier absolut nicht darauf und bestand überhaupt keinerlei Probe, durch welche man dessen Aufmerksamkeit zu erregen versuchte. Obgleich das Thier ab und zu stutzig wurde, wenn in dessen Nähe ein Zündhütchen explodirte, so kam dies nicht vor, und blickte das Thier auch nicht um sich herum, wenn gerade durch irgend etwas anderes dessen Aufmerksamkeit gefesselt wurde, während die anderen Affen stets erschraken und nach dem Orte des Geräusches blickten; dieses Verhalten zeigte das Thier ganz unverändert bis zu seinem Tode. In der Richtung zur Laboratoriumsthür allein, nach welcher es fast constant erwartungsvoll hinblickte, schien es fähig zu sein, Geräusche wahrzunehmen, jedoch anderweitig, besonders wenn dessen Aufmerksamkeit in irgend einer Weise abgelenkt wurde, schien es die Quelle des Geräusches gar nicht herausfinden zu können und wendete auch nicht den Kopf gegen die Richtung des Entstehungsortes des Geräusches hin. Entweder es hörte, oder beachtete gar nicht Geräusche, wie Kratzen, Klopfen, Klirren mit den Schlüsseln u. dgl., worauf die anderen Thiere stets zwischen den Querstangen ihrer Käfige neugierig herumblickten. Das Plätschern des Wassers, das Papiergeknister und das geräuschvolle Hervorziehen der Schublade, aus welcher das Thier immer das beste Futter zu nehmen gewohnt war, erregten nie mehr dessen Aufmerksamkeit, und veranlassten das Thier nicht in gleicher Weise wie früher lebhafte und charakteristische Zeichen des Interesses kundzugeben. Wenigstens in der letzten Periode meiner Beobachtung konnte ich das Fehlen der Ohrbewegungen, deren ich in einem früheren Versuche Erwähnung gethan habe, nicht constatiren.

Das Verhalten dieses Versuchsthieres kann somit kurz in folgender Weise zusammengefasst werden. Anfangs reagirte es absolut auf keine Hörproben, welche früher eine lebhafte Reaction beim Thiere hervorriefen und die stets die Aufmerksamkeit normaler Affen auf sich lenkten; späterhin entdeckte es nie die Quelle der Geräusche, ausser wenn dieselben von der Laboratoriumsthür herkamen, von wo aus das Thier immer etwas erwartete; es benahm sich ganz indifferent gegen Geräusche, welche vordem für dasselbe eine Bedeutung hatten, doch nahm das Thier, falls es nicht anderweitig abgelenkt war, ganz deutlich Schallvibrationen wahr, was wohl schwierig mit Bestimmtheit hätte erwiesen werden können, wenn das Versuchsthier durch Geschrei dies nicht zu erkennen gegeben hätte. Ob diese Form von Hörempfindlichkeit in Zu-

sammenhang zu bringen sei mit Theilen der corticalen Hörcentren, die bei der Operation verschont geblieben sind, oder mit subcorticalen oder mesencephalen Centren, bin ich jetzt noch nicht in der Lage definitiv zu entscheiden. Ich war bis jetzt noch nicht imstande, Beobachtungen an Thieren anzustellen, bei welchen auf beiden Seiten der Temporallappen zerstört worden ist. Wenn jedoch, wie Schäfer's Experimente darzuthun scheinen, die Schläfenlappen in gleicher Weise wie die anderen Hirnlappen vollständig abgetragen werden können und hiedurch die Reaction auf Schalleindrücke nicht ganz aufgehoben wird, so können wir, gleich Longet, Goltz etc., mit Recht glauben, dass bei den Affen gerade so wie bei den niederen Säugethieren noch eine rohe und einfache Form von Hörempfindung durch functionelle Vermittlung der untergeordneten Centra möglich sei.

In Hinblick auf seine an Hunden vorgenommenen Versuche behauptet Munk, dass durch die destructive Läsion der Hirnrindenstelle B (Fig. 14), welche in der Gegend des unteren Endstückes der oberen Sylvischen und des anliegenden Endstückes der zweiten äusseren Windung gelegen ist, bezüglich des Hörvermögens ein Zustand hervorgerufen wird, der demjenigen gegenüberzustellen ist, welcher zu Stande kommt, wenn die Stelle A (Fig. 14) in der Sehsphäre zerstört worden ist: jenen Zustand bezeichnet Munk als Seelentaubheit. Der operirte Hund scheint zu hören, ist jedoch nicht im Stande, die Bedeutung der Töne und Geräusche zu erfassen. Doch hält dieser Zustand höchstens einige Wochen an. Das operirte Thier erlernt dann wieder die Bedeutung der Schalleindrücke, und erlangt seinen normalen Zustand. In jener Gegend sind nach Munk die akustischen Erinnerungsbilder gleichsam aufgespeichert, wie die optischen in der Region A (Fig. 14). Jedoch häufig, bevor noch die durch die Primärläsion verursachten secundären Störungen nachgelassen haben, erscheint das Thier vollständig taub zu sein, so dass dasselbe auch nicht auf das lauteste Geräusch reagirt. Wenn die gesammte Rinde beider Schläfenlappen zerstört worden ist, konnte er gelegentlich andauernde Rindentaubheit beobachten. Da aber keines seiner Versuchsthiere, an welchen er diese Operation ausgeführt hatte, länger als einige Tage am Leben blieb, so beweisen seine Versuche durchaus nicht, dass vollständige Taubheit persistirte. Dennoch behauptet Munk, dass das Hörrindenfeld ein bei weitem grösseres Gebiet als die Stelle B umfasst und nimmt dasselbe, wie es seine Figuren ersichtlich machen, die ganze hintere Hälfte der dritten und die hinteren oder unteren Endstücke der ersten und zweiten äusseren Windung ein. Bezüglich der Hörsphäre beim Affen — trotzdem er hierüber keine Versuche ausgeführt zu haben scheint — nimmt er an, dass derselben das untere Endstück der mittleren Schläfenwindung angehört (B, Fig 18), jene Gegend, nach deren

vollständigen Zerstörung ich nicht die geringste Abnahme von Gehörswahrnehmung constatiren konnte. Als Fühlsphäre des Ohres betrachtet er die obere Portion der oberen, oder temporalen Windung (G, Fig. 18), worüber ich aber durchaus keine Gewissheit erlangen konnte, da weder nach einseitiger, noch nach beiderseitiger Zerstörung dieser Gegend ich imstande war, irgend eine sensible Affection des Ohres nachzuweisen.

Luciani und Tamburini[1]) fanden, dass durch unilaterale Zerstörung des oberen und hinteren Theiles der dritten äusseren Windung bei Hunden Taubheit beider Ohren hervorgerufen werde, wobei das Ohr der entgegengesetzten Seite bedeutend mehr afficirt ist. Der Unterschied in der Hörwahrnehmung auf beiden Seiten nimmt beträchtlich ab, und nach wenigen

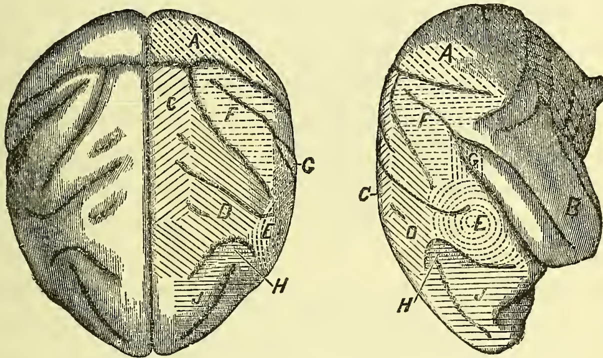


Fig. 18. Rindencentra des Affen nach Munk.

A, Sehsphäre; *C*, bis *I*, Fühlsphäre nach Munk, psychomotorische Rindenfelder der anderen Autoren; *D*, Rindenfeld des Vorderbeines; *C*, des Hinterbeines; *E*, Kopfregion; *F*, Augenregion; *G*, Ohrregion; *H*, Nackenfeld; *I*, Rumpfregion; *B*, befindet sich auf jenem Theile der Rinde, der nach Experimenten an Hunden als Hörsphäre angenommen wird.

Tagen verschwindet dieselbe ganz und gar, obgleich nicht ganz bestimmt behauptet werden kann, dass eine vollkommene Wiederherstellung je platzgreift. Nach Ausgleich des Unterschiedes im Hörvermögen auf beiden Seiten wurde die correspondirende Gegend auf der anderen Hemisphäre abgetragen, worauf dann fast vollständige Taubheit, die auf beiden Seiten nahezu gleich ausgeprägt war, sich einstellte. Die beiderseitige Taubheit liess allmählich nach, doch bis jetzt kann ich nicht angeben, ob bestimmt eine vollständige Wiederherstellung platzgreifen wird. Wenn die destructiven Läsionen auf den hinteren Theil der zweiten äusseren Windung beschränkt sind und die dritte Windung gar nicht in Mitleidenschaft gezogen ist, so bleibt das Gehör intact, welches übrigens in der That manchmal ungewöhnlich scharf zu sein scheint. Diese Autoren

[1]) Sui Centri Psico-Sensori Corticali, 1879.

sind der Ansicht, dass die Hörnerven in gleicher Weise wie die Sehnerven eine Halbkreuzung eingehen, und dass beide Ohren in jeder Hirnhemisphäre central repräsentirt werden. Letzteres ist unzweifelhaft der Fall, da einseitige Zerstörung nie Entstehungsursache permanenter Taubheit eines Ohres ist; aber nie war ich imstande, obgleich ich in mehreren Fällen nach Zerstörung der Hörsphäre einer Hemisphäre Verlust oder Abnahme des Hörvermögens im Ohre der entgegengesetzten Seite beobachtet habe, die leiseste Abschwächung des Gehörs auf der gleichen Seite nachzuweisen. Luciani[1]) gibt Folgendes an: „Die durch Exstirpationen in der Gegend des Parietallappens gewonnenen Resultate bestätigen, was bereits von Ferrier und nachher von Tamburini und mir erkannt worden ist, dass der abschüssige Theil der dritten äusseren Windung beim Hunde bestimmt der Hörsphäre angehört, dieselben zeigen aber auch, dass die Hörsphäre von ihrer centralen Stelle aus in dem Schläfenlappen, nach oben gegen die Parietalgegend, nach vorne gegen die Frontalgegend, nach rückwärts gegen den Gyrus hippocampi und nach innen zu gegen das Ammonshorn ausstrahlt.“ Einen grossen Theil der Hirnrinde, der anderen Functionen vorsteht, rechnet er somit zu seiner Hörsphäre. Doch scheint Luciani bei Bestimmung dieses und anderer sensorischer Centra für ein Localisationsverfahren einzutreten, das durchaus nicht als Localisationsmethode hingenommen werden kann, da nach ihm jedes Centrum bis zu einem bestimmten Grade auch die Functionen eines jeden anderen Centrums zu gleicher Zeit ausüben soll; doch widersprechen die von ihm gefundenen Resultate vollständig jenen Thatsachen, die das Ergebniss ganz genau localisirter Läsionen sind.

Bezüglich der Lage der Hörsphäre beim Hunde, kann man beobachten, dass dieselbe nicht die gleiche Lage zur Sylvi'schen Furche hat, wie die obere Schläfenwindung beim Affen, sondern von derselben durch den hinteren Ast der Sylvi'schen Windung getrennt ist. Meynert hat angenommen, dass der hintere Theil der Sylvi'schen Windung das Homologon des oberen temporo-sphenoidalen Gyrus ist,[2]) doch glaube ich, dass die Aehnlichkeit zwischen dem hinteren Theile der Sylvi'schen Windung und der oberen Schläfenwindung nur eine oberflächliche sei, und bedingt wird durch eine seichte Sylvi'sche Furche. Eingehende Untersuchungen haben Sir William Turner[3]) zu dem Schlusse geführt, dass beim Hunde die Sylvi'sche Windung in Wirklichkeit der Reil'schen Insel homolog sei und in Folge der Seichtigkeit der Sylvi'schen Furche an der Oberfläche sichtbar erscheint.

---

[1]) On the Sensorial Localisations in the Cortex Cerebri, Brain, 1885, p. 154.

[2]) Die Windungen der convexen Oberfläche des Vorderhirnes. Archiv f. Psychiatrie, Band VII, 1877.

[3]) Reports on the Seals, Challenger Expedition, Part. LXVIII, p. 124.

In diesem Falle würde somit der hintere Theil der oberen Sylvischen Windung ganz genau übereinstimmen mit jenem der oberen Schläfenwindung. Das Vorkommen von Taubheit in Folge cerebraler Affection ist beim Menschen eine ganz ungewöhnliche Erscheinung, da



Fig. 19.



Fig. 20.

äusserst selten beide obere Schläfenlappen gleichzeitig von Läsionen befallen werden. Trotzdem werden in der Literatur zwei Fälle mitgetheilt, bei welchen diese doppelte Affection gefunden wurde.

Shaw[1]) hat einen Fall mitgetheilt, der ein Weib von 34 Jahren betraf, welches zwei Monate vor ihrer Aufnahme ins Krankenhaus eine

[1]) Archives of Medicine, February 1882.

Lähmung des rechten Armes erlitten hatte und bald darauf von einem apoplectischen Insulte befallen wurde, der Verlust der Sprache und Taubheit zur Folge hatte. Die Paralyse in der rechten Hand ging rasch zurück. Die Patientin war aufgeregt, verworren und von Wahnideen erfüllt.

Nach wiederholten Untersuchungen fand man bereits bei der Aufnahme, dass Patientin vollständig taub und blind ist. Die Berührungsempfindlichkeit und der Geruch waren intact. Ab und zu hatte sie epileptische Anfälle und starb schliesslich ein Jahr nach ihrer Aufnahme an Pneumonie.

Die vorgenommene Section ergab complete Atrophie der Gyri angulares und der oberen temporo-sphenoidalen Windungen in beiden Hemisphären (s. Fig. 19 und 20). Die graue Substanz der atrophirten Gegenden war ganz geschwunden, und übrig blieb nur die oberste Lage, die mit der Pia mater innig verwachsen war, und darunter befand sich auf Kosten der grauen Substanz ein Hohlraum. Die übrigen Gehirnnerven waren anscheinend normal, doch die Untersuchung der Sehnerven ergab eine Hypertrophie des Bindegewebes in den Septis, Atrophie der Nervenfasern und an deren Stelle eine colloidähnliche Substanz. Ob die Erblindung durch die Läsion der Gyri angulares allein, oder durch die degenerativen in den Sehnerven aufgetretenen Veränderungen bedingt war, ist fraglich; doch das plötzliche und mit den Symptomen cerebraler Läsion gleichzeitige Auftreten der Taubheit und der Obductionsbefund des Gehirnes deutet mit Bestimmtheit darauf hin, dass in diesem Falle die Taubheit mit der Zerstörung der oberen Schläfenwindungen in Zusammenhang steht. Ein ähnlicher Fall wurde von Wernicke und Friedländer[1]) publicirt: „Eine Frau von 43 Jahren, die vorher nie an Taubheit oder an einer Augenaffection gelitten hatte, erlitt den 22. Juni 1880 einen Insult mit nachfolgender rechtsseitiger Hemiplegie und Aphasie. Sie blieb im Krankenhause bis zum 4. August, an welchem Tage sie entlassen worden ist. Um diese Zeit war die Patientin bereits im Stande zu sprechen, doch sprach sie stets unverständlich. Sie konnte sich nicht nur nicht verständlich machen, sondern verstand auch nicht, was man zu ihr sagte. Den 10. September wurde sie wieder ins Krankenhaus aufgenommen und zeigte eine leichte Lähmung des linken Armes; die rechtsseitige Hemiplegie ging vollständig zurück. Die Patientin wurde für psychisch krank gehalten, dieselbe war absolut taub, so dass ein Verkehr mit derselben unmöglich war. Nach einem Anfalle von Hämatemesis starb Patientin den 21. October. Bei der Section wurde in jedem Schläfenlappen eine auf die obere Schläfenwindung beschränkte Läsion gefunden. (Siehe Fig. 21 und 22.)

---

[1]) Fortschritte der Medicin. Bd. 1, Nr. 6, 15. März 1883; Brain, April 1888. p. 19.

Der übrige Theil des Gehirnes zeigte keine Abnormität, und konnten nicht jene Bedingungen an demselben eruirt werden, die zum Anwachsen des intracraniellen Druckes und zur secundären Affection der Hirnnerven führen.



Fig. 21.



Fig. 22.

Es war erwiesen, dass die Patientin sich vorher eines ausgezeichneten Gehörs erfreute; ihre totale Taubheit trat jedoch zugleich mit den anderen Symptomen der Hirnläsion auf. Um womöglich auch jede Localaffection der Ohren ausschliessen zu können, wurden letztere von Professor Lucae genau untersucht. Das Ergebnis dieser Untersuchung war vollständig negativ; nur ein ganz leichter trockener Katarrh wurde nachgewiesen, aber

ein locales Moment zur Erklärung der bestehenden Taubheit konnte nicht eruirt werden. Diese Autoren nehmen nun an, „dass die Hörnerven schliesslich im Temporallappen ihre Endigung finden, und dass eine beiderseitige Läsion in diesem Lappen vollständige Taubheit nach sich zieht. Es kann somit mit Bestimmtheit angenommen werden, dass die Schläfenlappen die Centralstätten für das Gehör bilden."

Obgleich die Läsionen sich nicht auf die oberen Schläfenwindungen erstreckten, so waren doch die graue Substanz und die Markfasern derselben in Mitleidenschaft gezogen. Wenn auch dieser Fall an und für sich ein nicht ganz genügendes Argument zu sein scheint, so bestätigt derselbe dennoch die Richtigkeit meiner Annahme, dass die Hörcentra in den genannten Windungen localisirt sind.

Die Gehörsaffectionen, die nach unserer Erfahrung zumeist in Folge von Gehirnläsionen auftreten, bilden die verschiedenen Formen der Worttaubheit, wobei das Erkennungsvermögen der Gehörseindrücke abgeschwächt ist; hiebei ist insbesonders das Vermögen der associativen Verknüpfung artikulirter Schalleindrücke mit den einzelnen Bewegungsacten der Articulation und den Bildern der durch erstere bezeichneten Dinge afficirt. Der Worttaube ermangelt nicht der Gehörswahrnehmung, er hört das Ticken einer Uhr, erkennt und singt noch eine Melodie, doch artikulirte Laute, ausgenommen etwa sein eigener Name und einige einfache Wortverbindungen, werden nicht verstanden und können vom Patienten nicht wiederholt werden. Worttaubheit wurde bei Affection der oberen Schläfenwindung der linken Hirnhemisphäre constatirt. Seppili[1]) gibt an, dass er unter siebzehn Fällen, die zur Section gelangt sind, bei jedem derselben eine Läsion der oberen temporo-sphenoidalen Windung fand, und bei zwölf derselben auch eine Mitaffection der zweiten oder mittleren Windung.

Unter 25 Fällen von Worttaubheit, die auf meine Veranlassung von Dr. Ewens gesammelt worden sind, gab es zehn, bei welchen nur Läsionen des Schläfenlappens gefunden wurden; bei sieben der letzten Fälle war insbesonders die erste Schläfenwindung afficirt und bei den übrigen dreien wurde die Begrenzung der Läsion nicht ganz genau angegeben. In acht Fällen war der Gyrus angularis in gleicher Weise, wie der obere Schläfenlappen lädirt; in sechs Fällen war eine Affection der oberen Schläfenwindung und benachbarter Theile des Hinterhaupt-, oder des Parietallappens nachweisbar und in einem Falle fand man nur eine Läsion des Gyrus angularis. Im letzteren Falle schien sowohl Wortblindheit, als auch Worttaubheit bestanden zu haben. Mit Ausnahme eines einzigen war somit in allen Fällen unverkennbar eine Läsion der oberen Schläfenwindung nachweisbar.

---

[1]) Revist: Speriment. di Freniatria, Vol. X, 1884.

Eine weitere Bestätigung der Richtigkeit der Localisation des Hörcentrums in dieser Windung wird durch Fälle geliefert, bei welchen subjective Gehörempfindungen bei irritativer Läsion dieser Windung vorkommen. Gowers hat zwei derartige Fälle mitgetheilt[1]). In dem einen Falle lag ein Tumor vor, dessen früheste Partie unter der oberen Schläfenwindung sich befand, und durch welchen Convulsionen zu Stande kamen, denen eine vom entgegengesetzten Ohre ausgehende Aura voranging; in dem anderen war die obere Schläfenwindung von einem Tumor eingenommen, durch welchen einseitige Zuckungen hervorgerufen wurden, denen die subjective Empfindung eines lauten Geräusches, ähnlich demjenigen einer in Betrieb befindlichen Maschine, voranging. Hughes Benett[2]) hat gleichfalls mehrere Fälle beschrieben, bei welchen es anfallsweise zu subjectiven Gehörsempfindungen kam, die von temporärem Gehörverlust im entgegengesetzten Ohre, oder in beiden zugleich gefolgt waren. So wurde eine Frau, die epileptischen Anfällen unterworfen war, die von einem lauten Geräusche im linken Ohre, ähnlich einem Glockengeläute, eingeleitet wurden, nach jedem Insulte kurze Zeit auf beiden Seiten taub. Beiderseits war die Gehörswahrnehmung mangelhaft, jedoch links war die Hörabnahme zweifellos grösser. In Fällen langdauernder Taubheit, oder in solchen angeborner Taubstummheit wurde auch die obere Windung atrophisch gefunden. Mills[3]) erwähnte den Fall von einem Manne, der dreissig Jahre taub war; das im Uebrigen normale Gehirn dieses Mannes zeigte ausgebreitete Atrophie beider oberer Schläfenwindungen, wobei insbesonders die linke afficirt war. Broadbent[4]) beschreibt das Gehirn eines tauben und stummen Weibes, bei welcher neben Defecten der benachbarten Windungen und des Lobus supramarginalis Atrophie beider oberer Schläfenwindungen, jedoch viel bedeutender links als rechts, nachgewiesen werden konnte. Die aus der menschlichen Pathologie sich ergebenden Thatsachen stützen somit unzweifelhaft die Annahme, dass der Hörsinn im Schläfelappen und speciell in der oberen Schläfenwindung localisirt ist.

Die Experimente Baginsky's[5]), sowie auch die mikroscopischen Untersuchungen von Flechsig und Bechterew[6]) weisen darauf hin, dass der Hörnerv mit dem Hörcentrum der Rinde durch das untere Schleifenbündel der entgegengesetzten Seite in Verbindung steht und von da ab durch das Tuberculum posterius des corpus quadrigeminum und weiters

---

[1]) Diseases of the Nervous System, Vol. II, p. 21.
[2]) Sensory Cortical Discharges, Lancet, 1889.
[3]) University Medical Magazine, November 1889.
[4]) Journal of Anatomy, 1870.
[5]) Sitzungsb. d. Acad. d. Wissenschaften zu Berlin, 1886, 12.
[6]) Neurolog. Centralblatt, December 1886.

durch das corpus geniculatum internum mit den Markfasern der Rinde. Bei seinen Versuchen zerstörte Baginsky bei Kaninchen das Labyrinth und verfolgte hierauf den Verlauf der in Folge dieser Läsion hervorgerufenen Nervendegeneration. Er fand hiebei deutlichen Schwund der Fasern des unteren Schleifenbündels der entgegengesetzten Seite und auch einen merklichen Grad von Atrophie in dem Tuberculum posterius, im Brachium und im Corpus geniculatum internum. v. Monakow gibt ebenfalls an, dass nach Zerstörung des Schläfenlappens bei neugeborenen Kaninchen in den correspondirenden Markfasern der inneren Kapsel und im gleichseitigen Corpus geniculatum Atrophie eintritt und bestätigt derselbe in dieser Weise die Annahme von Baginsky und Flechsig.

Wir können somit mit ganz gutem Grunde annehmen, dass nicht alle centralen Fasern der Hörnerven, wie Meynert behauptet hat, auf ihrem Wege zu den Hirnhemisphären durch das Kleinhirn ziehen — eine Hypothese, die übrigens mit den nach Zerstörung des Kleinhirns erfolgenden Resultaten sich nicht vereinbaren lässt. — Einige Faserbündel des achten Hirnnerven, und dies scheinen zweifellos die Vorhoffasern aus den halbzirkelförmigen Canälen zu sein, passiren das Kleinhirn, doch geschieht dies durchaus nicht von den Schneckenfasern, die ja den eigentlichen Hörnerven bilden.

Das Centrum der tactilen Sensibilität und des Gemeingefühls.

Nun gehe ich über zur Localisationsbestimmung der Centra für das Gemein- und das tactile Gefühl. Ueber den Verlauf der Bahnen und die Localisation der Centra der verschiedenen Arten des Gemeingefühls herrschen noch viele Meinungsverschiedenheiten. Seit den classischen Versuchen Brown-Sequard's wird allgemein zugegeben, dass, vielleicht mit Ausnahme des sogenannten Muskelsinnes, die Bahnen aller anderen Formen der Sensibilität auf der entgegengesetzten Seite im Rückenmarke nach aufwärts ziehen. Doch weder das Experiment, noch die Pathologie und die mikroscopische Durchforschung konnten genau bestimmen, in welchem besonderen Theile des entgegengesetzten Rückenmarkabschnittes die sensorischen Bahnen gegen das Gehirn hin ziehen. Die Versuche von Ludwig und Woroschiloff[1]) scheinen darzuthun, dass sensible Eindrücke bei sonst normalen Verhältnissen auch noch dann aufwärts geleitet werden, wenn die Vorder- und Hinterstränge, sowie die graue Substanz durchschnitten worden sind; es ist daher nur die Unversehrtheit der Seitenstränge des Rückenmarkes zur Fortleitung

[1]) Der Verlauf der motorischen und sensiblen Bahnen durch das Lendenmark des Kaninchen, 1874.

sensibler Eindrücke notwendig. Dieselben fanden auch, dass, wenn nur ein Seitenstrang übrig blieb, Bewegungen der Arme und des vorderen Körpertheiles durch Reizung des entgegengesetzten Beines hinter dem Schnitte leicht zustandekamen, dieselben traten aber bei Reizung des gleichseitigen Beines nur mit grosser Schwierigkeit auf. Damit durch sensible Eindrücke an dem entgegengesetzten Beine Bewegungen im vorderen Körpertheile leicht erregt werden können, muss, wie dieselben gefunden haben, jene Portion des Seitenstranges intact bleiben, welche das mittlere Drittheil bildet, und welche von der nach aussen verlängert gedachten vorderen und hinteren Commissur begrenzt wird. Ludwig und Woroschiloff waren nicht imstande, die sensorischen von den motorischen Bahnen der Seitenstränge zu differenzieren und schlossen dieselben daraus, dass beide Leitungsbahnen mehr oder weniger gemengt mit einander verlaufen; doch Thatsachen aus der menschlichen und experimentellen Pathologie weisen darauf hin, dass dieselben ganz deutlich von einander getrennt sind und es mag bezweifelt werden, ob durch deren Experimente die Leitungsbahnen der wahren Sensibilität, zum Unterschiede von denjenigen, die die Reflexbewegung mehr oder weniger allgemein vermitteln, eruirt worden sind. Es scheint nicht der Fall zu sein, dass die eigentlichen sensiblen Bahnen nach Durchschneidung des Rückenmarkes in irgend einer Gegend nach aufwärts in grösserer Ausdehnung degeneriren. Hauptsächlich sind es die Goll'schen Stränge, die nach oben bis gegen die Nuclei graciles der Medulla oblongata degeneriren. Die äusseren Hinterstränge, auch Burdach'sche genannt, degeneriren nach oben höchstens in einer Längsausdehnung von nur wenigen Spinalwurzeln. Weiterhin kommt aufsteigende Degeneration in den directen Kleinhirnseitenstrangbahnen vor, die continuirlich bis zu den Strickkörpern verfolgt werden kann und von da aus bis in den Oberwurm des Kleinhirns. Vor dem directen Kleinhirnseitenstrang und mehr oder weniger von demselben gesondert, gibt es noch einen anderen Strang, bei welchem häufig aufsteigende Degeneration beobachtet wird, worauf zuerst Gowers hingewiesen hat, und welcher, wie Bechterew[1]) gezeigt hat, von den übrigen Rückenmarkssträngen durch den Zeitpunkt seiner Entwicklung sich unterscheidet: es ist dies der antero-laterale Strang. Doch wurde mit Bestimmtheit nachgewiesen, dass keiner dieser Stränge die Leitungsbahn irgend einer Form eigentlicher Sensation sei, ein Terminus, dessen ich mich bediene, um die Bahnen bewusster von denjenigen centripetaler Eindrücke zu unterscheiden.

Da der directe Kleinhirnstrang unzweifelhaft im Kleinhirn sein Ende findet, und, wie die Untersuchungen von Tooth[2]) darzuthun

---

[1]) Neurologisches Centralblatt, 1885.

[2]) Secondary Degeneration of the Spinal Cord, 1889.

scheinen, hauptsächlich von den hintern Wurzeln der oberen Dorsal- und der Cervicalregion und nicht von denjenigen der unteren Extremitäten abgeht, so können wir von demselben als einer Bahn für die eigentliche Sensation absehen. Der Vorderseitenstrang, welchen Gowers als Leitungsbahn für schmerzhafte Eindrücke anzusehen geneigt ist, scheint nach den Untersuchungen von Tooth zumeist aus sehr feinen Nervenfasern zu bestehen und von den Zellen der Clarke'schen Säule seinen Ursprung zu nehmen. Er verläuft nach aufwärts zum Nucleus lateralis, der die Fortsetzung des Seitenhorns des Cervicalmarkes nach oben bildet und auch unter dem Namen Visceralhorn bekannt ist. Der weitere Verlauf dieses Stranges ist unbekannt, obgleich von Tooth angenommen wird, dass dessen breitere Faserbündel schliesslich das Kleinhirn erreichen. Gowers theilt einen Fall unilateraler Läsion des Rückenmarks mit [1], welcher seine Hypothese zu stützen scheint, und Bechterew behauptet, dass nach Durchschneidung der vorderen Hälfte des Rückenmarkes

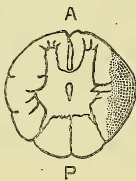


Fig. 23.



Fig. 24.



Fig. 25.

Analgesie auftritt; doch in keiner von diesen Beobachtungen können wir, wie Tooth bemerkt, eine Affection der grauen Substanz selbst ausschliessen.

Jüngst habe ich bei einem Affen die convexe oder äussere Hälfte des Seitenstranges in der mittleren Dorsalgegend durchschnitten (Fig. 23). Eine geringe motorische Schwäche des gleichseitigen Beines stellte sich wol ein, doch eine Abnahme der tactilen und der Schmerzempfindung an dem entgegengesetzten Beine war an dem Tage nach der Operation nicht nachweisbar.

Die leiseste Berührung eines jeden Beines zog sofort die Aufmerksamkeit des Thieres auf sich. In einem anderen Falle, wo ich den grössten Theil der einen Hälfte des Rückenmarkes mit Ausnahme des Hinterstranges, eines Theiles des Vorderstranges und desjenigen Theiles des Seitenstranges, der im Winkel zwischen Vorder- und Hinterhorn sich befindet, durchschnitten habe (Fig. 24.), kam eine fast vollständige Lähmung im gleichseitigen Beine zu Stande, doch auf der entgegengesetzten Seite war die Sensibilität nicht aufgehoben; ob ganz und gar

[1]) Clinical Society's Transactions, Vol. XI, 1877.

das Gefühl geschwächt war, konnte absolut nicht bestimmt werden, doch die Schmerzempfindung war zweifellos unversehrt. Diese Versuche widersprechen somit der Annahme, dass der Vorderseitenstrang entweder die Leitungsbahn für die tactile, oder diejenige für die Schmerzempfindung sei.

In einem anderen an einem Affen vorgenommenen Versuche, dessen Einzelheiten ich anderswo mitgetheilt habe[1]), durchschnitt ich die ganze linke Seite des Rückenmarkes mit Ausnahme des vorderen und hinteren Medianstranges. Obgleich nun der grössere Theil des linken hinteren Medianstranges und der ganze rechte hintere Medianstrang, sowie auch die graue Substanz auf der rechten Seite und diejenige, welche den Centralcanal auf der linken Seite umgibt, unversehrt waren, so bestand doch vollständige Anästhesie und Analgesie auf der anderen Körperseite. Dieser Versuch widerlegt somit die Hypothese, dass die Hinterstränge die Leitungsbahnen der tactilen Sensibilität sind; auch spricht der Versuch gegen die Annahme, dass der hintere Medianstrang die Leitungsbahn des sogenannten Muskelsinnes auf derselben Seite ist, da das Verhalten dieses Thieres, soweit wenigstens dasselbe aus der Beobachtung niederer Thiere erschlossen werden kann, erkennen liess, dass der Muskelsinn an dem entgegengesetzten Beine vollständig erloschen war; während nämlich das Thier im Stande war, sein rechtes Bein so oft es wollte, nach allen Richtungen zweckdienlich, sicher und ganz ohne Coordinationsstörung zu bewegen, und mit seinem Fusse auch kräftig Greifbewegungen ausführen konnte, war das Thier bei verbundenen Augen ganz und gar unfähig aus irgend einer Lage mit seinem Beine intendirte Bewegungen vorzunehmen.

In einem weiteren Experimente trachtete ich ganz genau die hinteren Medianstränge in der mittleren Dorsalgegend zu durchschneiden. Die Operation führte ich in der Weise aus, dass ich mit einem dreieckigen Keratom so tief — durch wiederholte Versuche an der Leiche fand ich die nöthige Länge des Einstiches heraus — in die hintere Medianfissur einging, dass die hinteren medianen Stränge bis zur hinteren Commissur durchtrennt wurden. Obgleich es schien, als ob die Stränge in toto durchtrennt worden sind, so konnte ich bei der Section keine grössere Zerstörung, als jene, die auf die unmittelbar der Medianfissur anliegenden Theile beschränkt war, nachweisen (Fig. 25). Obschon das Versuchsthier während einiger Stunden in seinen Hinterbeinen ein wenig schwach und unbeholfen war, so konnte dennoch den nächsten Tag nicht die geringste Abnahme der tactilen Empfindlichkeit und des Muskelsinnes nachgewiesen werden. Es lief herum ohne eine coordinatorische Störung zu zeigen, kletterte mit gewohnter Behendigkeit, lief an den Querstangen seines Käfigs herab, und setzte mit Sicherheit seine Füsse auf ohne Controle

[1]) Hemisection of the Spinal Cord, Brain, Vol. VII, p. 1.

des Gesichts. Die leiseste Berührung irgend eines Fusses, oder an irgend einem Theile der unteren Körperhälfte regte sofort seine Aufmerksamkeit an.

Bechterew[1]) hat gleichfalls gefunden, dass bei Hunden die Durchschneidung der Hinterstränge in der Cervicalgegend weder Verlust der tactilen Empfindlichkeit, noch Verlust der Muskelsensibilität nach sich zieht, obgleich nach diesen Läsionen Gleichgewichtsstörungen aufzutreten scheinen; letztere jedoch nehmen im Verlaufe der Zeit ab und verschwinden schliesslich ganz. Bechterew's Experimente widerlegen somit die Annahme, dass die Hinterstränge die Leitungsbahnen für irgend eine der Formen eigentlicher Sensation bilden.

Von Brown-Sequard wurde nachgewiesen und von den Physiologen und Pathologen allgemein angenommen, dass die Leitungsbahnen des Muskelsinnes sich mit den anderen sensorischen Strängen nicht kreuzen, sondern im Rückenmarke auf derselben Seite aufwärts steigen, so dass bei halbseitiger Durchschneidung, oder einseitiger Affection des Rückenmarkes der Muskelsinn auf der Seite der Läsion geschwächt wird, oder schwindet, jedoch im entgegengesetzten und sonst anästhetischen Beine erhalten ist. Die nach Halbseitendurchschneidung des Rückenmarks beim Affen sich ergebenden Thatsachen stehen nach meinem Dafürhalten mit dieser Hypothese im Widerspruche, doch gebe ich gerne zu, dass an niederen Thieren vorgenommene Experimente, wobei wir das Verhalten der Bewusstseinsvorgänge doch nur erschliessen können, in dieser Beziehung nicht ebenso zureichend sind wie sorgfältig ausgeführte Beobachtungen an Menschen. Doch bei Durchsicht der Fälle, die zur Stütze der Brown-Sequard'schen Streitfrage herangezogen worden sind, finde ich, dass der Beweis für das Bestehen der Muskelsensibilität an dem sonst anästhetischen Beine und die Abnahme oder der Verlust derselben auf der Seite der gesetzten Läsion durchaus nicht stichhältig ist.

Bei 43 Fällen[2]) von ausgesprochener unilateraler Läsion des Rückenmarks, von denen jedoch nur zwei obducirt worden sind, wird nur in 24 Fällen des Muskelsinnes gedacht. In sechs Fällen war als einziger Beweis für das Vorhandensein des Muskelsinnes das Vermögen, starken Druck zu empfinden, oder die Fähigkeit, mit Präcision Bewegungsacte nach jeder Richtung auszuführen — ein Verhalten jedoch, das, wie man sich vielfach überzeugt hat, bei gänzlichem Mangel jeder Bewegungsempfindung vorkommen kann — hingestellt; bei vier Fällen ist gar nicht die Methode der Prüfung des Muskelsinnes angegeben; in einem Falle schien auf beiden Seiten die Muskelsensibilität normal ge-

---

[1]) Neurologisches Centralblatt, 1. Februar, 1890.

[2]) Die meisten dieser Fälle sind von Brown-Sequard in den Archives de Physiologie, Vol. I und II mitgetheilt worden.

wesen zu sein, doch werden keine weiteren Details angegeben; in einem anderen wird nur bemerkt, dass mit dem gelähmten Gliede nicht so genau wie mit dem anderen Gewichtsdifferenzen erkannt wurden; in drei Fällen[1]) war der Muskelsinn auf der sonst anästhetischen Seite vorhanden, doch war die Berührungsempfindlichkeit in diesen drei Fällen nicht geschwunden. In einem Falle[2]) schien das gelähmte Bein seine Muskelsensibilität eingebüsst zu haben, doch war auch der gleichseitige Arm in geringem Grade anästhetisch, und wahrscheinlich dürfte dies auch beim Bein der Fall gewesen sein. In einem weiteren Falle schien der Muskelsinn gar nicht geprüft worden zu sein, da das Bein gelähmt war; nachträglich wird wohl angegeben, dass dasselbe einen gewissen Grad von Coordinationsstörung und Verlust des Lagegefühls zeigte. In einem anderen Falle[3]) wurde bloss erwähnt, dass der Patient imstande war, Gewichtsgrössen abzuschätzen, und dass derselbe die Consistenz von Körpern mittelst des anästhetischen Gliedes beurtheilen konnte; das Verhalten der anderen Extremität wird nicht erwähnt und es wurde auch nicht ausführlich und in exacter Weise über das Verhalten der verschiedenen Arten der Sensibilität berichtet. In einem der noch übrigen Fälle war auf der anästhetischen Seite der Muskelsinn erloschen[4]); das Verhalten der anderen Seite wird nicht angegeben. In einem anderen[5]) Falle war das diesbezügliche Verhalten ganz entsprechend dem jeweiligen Grade der Krankheit, doch war der Muskelsinn an dem anästhetischen Gliede immer erhalten, so lange als die Berührungsempfindlichkeit und das Localisationsvermögen nicht beeinträchtigt waren. Beim dritten Falle[6]) war der Muskelsinn der gelähmten Extremität erhalten, doch ist dessen Verhalten an der im übrigen anästhetischen Extremität nicht erwähnt. Dies war der einzige Fall, der zur Obduction gelangt ist. In Köbner's Fall[7]) fand man bei Anwendung passender Proben an der gelähmten Extremität, dass Patient jeder vorgenommenen passiven Bewegung bewusst war; ein ähnlicher Fall wurde von Jaccoud mitgetheilt.[8]) Obgleich somit durch einige Thatsachen die Brown-Sequard'sche Theorie gestützt wurde, so lagen wiederum andere vor, durch welche dieselbe widerlegt wurde. Und gibt es wol bis jetzt eine klinische Beobachtung, welche der Annahme zur Stütze dienen könnte, dass bei Fehlen aller anderen

---

1) Perroud, Journ. de Méd. de Lyon, Vol. IX. 1868; Gilbert, Archives de Neurologie, tome 3, p. 275; Bayne, Lancet, II, 1865, p. 117.

2) Brown-Sequard, Lancet, Vol. II, 1868, p. 689, Case 2.

3) Dundas, Edin. Med. Journ. 1825, p. 304.

4) Sir Charles Bell's case, Nervous System, p. 245.

5) Mc. Kenzie's case, Lancet, 1883, vol. I, p. 995.

6) Charcot und Gombault, Archives de Physiologie, Vol. V, p. 144.

7) Archiv f. klin. Med., 1877, p. 208.

8) Leçons de Clin. Med., 1866, p. 451.

Formen der Sensibilität der Muskelsinn allein unversehrt bleibt? Auf einem solchen Standpuncte befindet sich diese Frage. Noch will ich einzelnes Wichtige aus einem Falle, der sich jüngst unter meiner Beobachtung befand, erwähnen.

W. S., 25 Jahre alt, wurde den 21. März 1890 als Ambulant in das öffentliche Krankenhaus für Lahme und Epileptiker aufgenommen. Bis vor drei Jahren, wo er Syphilis acquirirte, war Patient gesund. Weihnachten 1888 hatte Patient Schwierigkeiten bei der Blasenentleerung; bald nachher trat temporäre Lähmung des Blasen- und Mastdarmschliessmuskels ein; im April 1889 motorische Schwäche des linken Beines, die nach wenigen Monaten schwand, und nach dieser Zeit stellte sich im rechten Beine Schwäche ein und besteht dieselbe noch jetzt, während die Muskulatur immer mehr und mehr rigid wurde. Die Untersuchung ergab Druckempfindlichkeit vom 10. bis zum 12. Dorsalwirbel. und weiter nach oben in etwas geringerem Grade. Patient klagt über Gürtelgefühl in der Ebene des Nabels. Auf der linken Seite fehlen der Bauchdecken- und der Cremasterreflex, während rechterseits beide sich prompt einstellen. Das rechte Bein ist paretisch und steif; das Kniephänomen ist beträchtlich gesteigert und auch das Fussphänomen ist deutlich nachweisbar; alle Arten der Sensation sind bei diesem Beine normal. Bei Augenschluss kann Patient jede mit diesem Beine vorgenommene passive Bewegung genau angeben. Das linke Bein ist ebenfalls paretisch, und das Kniephänomen desselben gesteigert. Vollständige Analgesie ist nicht vorhanden, doch ist vollständige tactile Anästhesie vom Fusse nach aufwärts bis zum Knie nachweisbar, und von da bis zur Höhe des Nabels besteht Parästhesie. Empfindung von Wärme und Kälte ist stark herabgesetzt. Bei Augenschluss ist Patient gar nicht im Stande anzugeben, in welche Lage sein linkes Bein, oder irgend ein Theil desselben gebracht worden ist, doch vermag Patient ganz präcise nach verschiedenen Richtungen Bewegungen auszuführen.

In einem anderen Falle wurde der Patient plötzlich an dem linken Beine gelähmt und an dem rechten anästhetisch. Letztere Thatsache wurde dem Patienten durch die Unempfindlichkeit des rechten Beines gegen heisses Wasser offenkundig. Zur Zeit meiner Untersuchung, einen Monat nach Beginn der Erkrankung, ging die motorische Lähmung des linken Beines zurück, doch war das rechte Bein noch vollkommen unempfindlich gegen thermische und schmerzhafte Eindrücke. Die tactile Empfindlichkeit war beiderseits in gleicher Weise gut erhalten und damit zugleich war auch auf beiden Seiten der Muskelsinn unversehrt.

Nach meiner Ansicht ist auf Grund der verschiedenen hier angegebenen Thatsachen der Beweis erbracht, dass die gesammten sensorischen Leitungsbahnen auf die andere Seite des Rückenmarkes sich begeben,

und dass dieselben weder im hinteren medianen, noch im directen Kleinhirn-, noch im vorderen Seitenstrang verlaufen. Indem nun bei totaler Sclerose der Pyramidenbahn die Sensibilität gar nicht beeinträchtigt wird, so sind wir auf dem Wege der Ausschliessung zur Annahme gezwungen, dass die sensorischen Leitungsbahnen in unmittelbarer Verbindung mit der centralen grauen Substanz aufsteigen. Da die sensorischen Stränge constant mit der grauen Substanz in Beziehung stehen, so ist es begreiflich, dass dieselben nicht aufsteigend degeneriren wie die anderen continuirlich aufwärts ziehenden Stränge des Rückenmarkes.

FÜNFTE

VORLESUNG.



Meine Herren! — Die klinische und pathologische Untersuchung scheint darzuthun, dass in ihrem Verlaufe gegen das Gehirn die sensorischen Bündel in der Medulla und im Pons sich zur Schleife (Fillet), oder zur Formatio reticularis begeben. Diejenigen Stränge — der hintere äussere und der hintere mediane —, die sich im Rückenmarke nicht kreuzen, kreuzen sich auf dem Wege von den Nuclei graciles und cuneati in die Olivenzwischenschicht und von da in den Lemniscus und in die Formatio reticularis (Edinger). Weiter nach oben setzen sich diese Stränge in die Haubenregion des Hirnschenkels fort, und gelangen von da in den hinteren Abschnitt der inneren Kapsel, von wo aus dieselben nach Flechsig nach aussen auseinandergehen und sich in jener Rindengegend vertheilen, die zwischen der Rolandoischen Furche und dem Occipitallappen liegt. Von Meynert wurde angegeben, dass die sensorischen Stränge des Rückenmarks das äussere Drittheil des Hirnschenkelfusses einnehmen und von dort aus in die innere Kapsel ziehen; zu Gunsten dieser Annahme spricht auch die Thatsache, dass absteigende Degeneration, die zumeist nur in den anderen Leitungsbündeln des Hirnschenkelfusses angetroffen wird, das äussere Dritttheil gewöhnlich nie befällt. Dem gegenüber haben Bechterew und Rossolymo[1]) Fälle von Degeneration dieser Hirnschenkelfusspartie mitgetheilt, wo die Beziehung der Degeneration mit einer Läsion des Schläfen- und Hinterhauptlappens klar zu Tage lag, und von Flechsig wird behauptet, dass jene Faserbündel sich nicht in die innere Kapsel begeben, sondern nach abwärts und nach aussen ziehen, um in der Rinde der Hinterhaupt- und Schläfengegenden sich zu verbreiten. Es wird angenommen, dass durch diese Fasern eine Verbindung zwischen den genannten Gegenden mit dem Kleinhirn auf dem Wege der grauen Substanz der Brücke hergestellt wird, doch, glaube ich, muss die Richtigkeit dieser Angabe noch durch weitere Untersuchungen sichergestellt werden. Um über die Functionen und Verbindungen dieser Hirnschenkelpartie Licht zu ver-

[1]) Neurolog. Centralblatt, Nr. 7, 1886.

breiten, habe ich jüngst dieselbe bei drei Affen durchschnitten. Die Operation war an und für sich etwas schwierig, doch kann der Hirnschenkel nach Entfernung des unteren Theiles der Temporalgegend verhältnismässig leicht blossgelegt werden. Bei allen drei Thieren wurde die Läsion in befriedigender Weise ausgeführt, doch keines derselben erholte sich in dem Maasse von der Operation, dass es mir möglich wurde, ganz zuverlässige Beobachtungen anzustellen. In keinem der drei Fälle konnte vollständiger Reactionsmangel auf sensorische Reizung, oder eine grössere Abschwächung der Reaction, wie eine solche Hirnläsion erwarten lässt, nachgewiesen werden. Diese Experimente widerlegen somit die Annahme, dass das äussere Drittheil des Hirnschenkelfusses die Verlaufsbahn der von unten herankommenden sensorischen Fasern sei.

Dass die sensorischen Bündel abgesondert von den motorischen im hinteren Abschnitte (oder besser im hinteren Drittheil des hinteren Segmentes) der inneren Kapsel liegen, ist umständlich durch Versuche von Veyssière[1]) und durch die Untersuchungen von Charcot u. a. über Hemianästhesie nachgewiesen worden. Indem nun, wie angenommen wird, die sensorischen Bündel von den motorischen in der inneren Kapsel getrennt sind, so ergibt sich hieraus die Frage, ob erstere, die bis zu dieser Stelle ihre selbständige Lage behalten, mit den motorischen Fasern in der Rinde verschmelzen — wie einige glauben —, oder ein gesondertes Rindenfeld für sich in Anspruch nehmen.

In meinen früheren Versuchen hatte ich beobachtet, dass ungeachtet extensiver Läsionen der convexen Oberfläche der Hemisphäre die tactile Sensibilität und das Gemeingefühl vollständig unversehrt zu sein schienen, doch bemerkte ich in mehreren Fällen, bei welchen die destructiven Läsionen sich tief in den Schläfenlappen erstreckten, dass die Sensibilität auf der entgegengesetzten Körperhälfte abgenommen hat, oder gar geschwunden ist. Eine sorgfältige Post-mortem-Untersuchung zeigte, dass in allen diesen Fällen die Hippocampus-Gegend (i. e. das Cornu ammonis und der Gyrus hippocampi) in grösserer oder in geringerer Ausbreitung von der Läsion befallen war. Diese Thatsachen wiesen darauf hin, dass die Hippocampus-Gegend das Centrum des Gemeingefühls sei, und gab ich mir daraufhin Mühe eine Methode zu ersinnen, um diese Gegend erreichen und zerstören zu können. Doch mit Rücksicht auf die tiefe und verborgene Lage jener Gegend ist es praktisch unmöglich dies durchzuführen, und kann man nur auf dem Wege dorthin gelangen, dass man vorher den Hinterhauptlappen oder die untere Schläfengegend mehr oder weniger entfernt. Die Wirkungen der Läsionen dieser Gegenden sind bekannt und können daher ausgeschlossen werden; alle anderen sich ergebenden Symptome sind

[1]) Recherches Cliniques et Experimentales sur l'Hemianaesthesie de Cause Cérébrale, 1874.

dann mit den Läsionen der Hippocampus-Gegend in Zusammenhang zu bringen. Die Methode, deren ich mich in meinen früheren Experimenten nach dieser Richtung bedient hatte, bestand darin, dass ich mit einem Glühdrahte den Hinterhauptlappen durchstiess, nach ab- und vorwärts längs des absteigenden Hornes des Seitenventrikels vordrang und sodann die Hippocampus-Gegend zerstörte. Es gelang mir auch in dieser Weise nach einigen Versuchen die Hippocampus-Gegend nebst deren Markfaserverbindungen zu zerstören, ohne dabei den Hirnschenkel oder dessen Nachbargebilde zu lädiren. Das Schema, welches Sie hier sehen [1]), ist eine genaue Darstellung der oberen Ansicht der gesetzten Läsion in einem dieser Fälle und des Verlaufes der vom Drahte gezogenen Aushöhlung. Nach dieser Operation wurde die entgegengesetzte Körperhälfte anästhetisch und analgetisch, wovon man sich durch das vollständige Ausbleiben einer Reaction nach irgend einer Art sensorischer Reizung überzeugen konnte. Die Gliedmaassen waren gerade nicht motorisch gelähmt, doch schien die Bewegung derselben mit Schwierigkeiten verbunden und sehr unbeholfen zu sein, und jedesmal glitten die Füsse des Versuchsthieres von den Käfigstangen ab, wenn es, um einzuschlafen, die Augen schloss. In jedem meiner früheren Experimente, die ich zu einer Zeit ausgeführt habe, wo das antiseptische Wundverfahren noch nicht ganz im Schwunge war, liess ich die Versuchsthiere nur so lange am Leben, bis die Herdsymptome ganz klar hervortraten; hernach wurden dieselben, um jede durch die secundäre Ausbreitung der Läsion sich einstellende Complication zu verhindern, getödtet. Die Läsion war in diesem Falle [2]) ganz genau auf die Hippocampal- und Occipito-temporal-Gegend beschränkt, ohne dass die innere Kapsel, oder der Hirnschenkel in Mitleidenschaft gezogen worden ist. Diese Experimente lassen Einen wohl im Unklaren bezüglich der Andauer der Symptome, doch liessen sie mit Bestimmtheit eine Gegend erkennen, wenn auch nicht den ganzen Umfang derselben, welche zur tactilen Sensibilität, zum Gemeingefühl und sicherlich auch zum Muskelsinne der entgegengesetzten Körperhälfte in Beziehung steht.

Später nahm ich im Verein mit Professor G. F. Yeo meine Untersuchungen über diesen Gegenstand wieder auf. [3]) Die experimentelle Methode hiebei war diejenige, deren ich mich früher bedient habe, und welche theils in der Abtragung mittelst des Glühdrahtes bestand, theils in der Zerstörung der Hippocampus-Gegend von der convexen Oberfläche des Temporo-sphenoidal-Lappens aus. Im Ganzen wurden zehn Versuche vorgenommen, und fünfmal wurden dieselben auf beiden Hemisphären ausgeführt. Das Ergebnis dieser Versuchsreihen war die Bestätigung all'

[1]) Siehe Fig. 105, Die Gehirnfunctionen, p. 329.

[2]) Siehe Fig. 107 und 108, Die Functionen des Gehirns, p. 331.

[3]) Phil. Trans., Part. II, 1884, Experiments 24 to 33, Fig. 103 to 181.

desjenigen, was ich bereits im Allgemeinen und im Besonderen gefunden habe, des Nachweises nämlich, dass die tactile Sensibilität in jedem Falle abgeschwächt oder geschwunden war in richtigem Verhältnisse zu dem Umfange der Zerstörung der Hippocampus- und der unteren Schläfengegend. Zu meinem grössten Bedauern lebte keines der Versuchsthiere, bei welchen die Zerstörung eine vollständige und demgemäss die Anästhesie eine totale war, länger als einige Tage, so dass die Frage nach der Dauer der Symptome noch unbeantwortet bleiben musste. Doch fand man heraus, dass auch eine extensive Läsion einer oder beider Hippocampus-Gegenden keine permanente Anästhesie nach sich zog. Da ich nicht beabsichtige in die Einzelnheiten all' dieser Versuche einzugehen, so genügt wohl die Mittheilung der zwei folgenden Experimente.

In dem einen Versuche[1]) wurde die linke Hemisphäre blossgelegt und die ganze untere Schläfenwindung nebst der Hippocampus-Gegend durchschnitten und abgetragen, so dass nur der innere Rand des Gyrus hippocampi mit der Taenia semicircularis und der Fimbria des Gewölbes unversehrt blieben. Nur derjenige Theil des Gyrus hippocampi, welcher von der Fissura calcarina und der Collateral-Fissur (Lobus lingualis) begrenzt wird, blieb zurück. Das Ergebnis dieses Versuches war ein sehr markantes. Thermische Reize von einer solchen Intensität, dass auf der linken Seite bei Application derselben die lebhaftesten Zeichen von Empfindung hervorgerufen wurden, zogen auf der rechten Seite absolut keine Reaction nach sich und bestand absolute Unempfindlichkeit auf die verschiedenen Arten tactiler Erregung, wie auf Berühren, schwaches Stechen, Reiben u. s. f. Die Gliedmaassen konnten nach Belieben frei bewegt werden, doch konnte man eine grosse Unbeholfenheit und Unsicherheit beim Lagewechsel derselben beobachten. Als das Thier mit geschlossenen Augen ruhig dalag, zog ich die rechte Oberextremität vom Körper ab: dem Thiere kam diese passive Bewegung erst dann zum Bewusstsein, als es in Folge der Gleichgewichtsstörung niederfiel. Auf seiner linken Körperseite war das Thier gegen jedweden Reiz, auch gegen sehr schwache, sehr empfindlich. Beiderseits war das Gehör intact, doch schien das Sehvermögen, wenn auch nicht erloschen, so doch gegen rechts hin undeutlich zu sein. (Es ist wichtig, diese Thatsache hervorzuheben in Hinsicht des Vorkommens von Hemiopie in Folge von Läsion der Hinterhauptschläfengegend, wovon bereits früher Erwähnung geschah.) Auch war Anästhesie der rechten Nasenhälfte vorhanden. Diese Symptome blieben auch den zweiten Tag nach der Operation unverändert; das Versuchsthier befand sich im Uebrigen anscheinend ganz wohl, bis es am dritten Tage plötzlich einer secundären Hämorrhagie erlag. Eine Reihe von zur mikroskopischen Untersuchung angefertigten Gehirnschnitten zeigte, dass, abgesehen von

[1]) 27. Versuch, Fig. 125, 132, l. c.

den bereits oben beschriebenen Läsionen in der unteren Schläfen- und in der Hippocampus-Gegend, die Basalganglien, die Hirnschenkel und andere Gebilde vollkommen unversehrt geblieben waren. Bei einem anderen Thiere wurde die gleiche Operation vorgenommen und hiebei nahezu vollständig die Hippocampus- und die untere Schläfengegend vom Hemisphärenrest abgelöst. In diesem Falle konnte sogleich Analgesie, wenn auch nicht eine totale, und absolute Unempfindlichkeit gegen alle Arten schwacher tactiler Reize auf der ganzen rechten Körperseite nachgewiesen werden. Das Gehör war ungeschwächt, doch das Sehvermögen gegen rechts hin ein wenig defect, indem das Thier einen gewissen Grad von Unsicherheit beim Erhaschen von Dingen zeigte, die ihm auf der rechten Seite hingehalten wurden. Das Verhalten blieb bis zum dritten Tage unverändert, an welchem das Thier einen leichten rechtsseitigen Insult erlitt, der, wie die Section ergeben hatte, die Folge einer nochmaligen geringen Hämorrhagie war, nach welcher aber die Analgesie eine absolute wurde und das Thier keinerlei Wahrnehmungszeichen auf irgend eine Form tactiler Reize zu erkennen gab; auch gegen Stiche bestand vollständige Unempfindlichkeit des rechten Nasenflügels. Eine gleiche Reizung der linken Nasenhälfte rief lebhafte Geberden und Zeichen von Unbehagen hervor. Das Thier konnte seine Glieder frei bewegen und mit der rechten Hand Gegenstände fest ergreifen, doch fiel es beständig nach rechts infolge der Unbeholfenheit und Unsicherheit, in welcher dasselbe seine Extremitäten auf den Boden stellte. Am vierten Tage starb das Versuchsthier. Wie die Section erwiesen hatte, war die Läsion ganz genau auf die untere Schläfen- und auf die Hippocampus-Gegend der linken Hirnhemisphäre beschränkt ohne die geringste Affection des Hirnschenkels, oder der Basalganglien. Diese Versuche bewiesen somit, dass die verschiedenen Arten von Empfindung, das Gemeingefühl, oder die tactile Sensibilität der Haut- und Schleimhäute und die Muskelsensibilität durch destructive Läsionen der Hippocampus-Gegend bedeutend abgeschwächt oder ganz aufgehoben werden können, und dass der Grad und die Dauer der Anästhesie gleichen Schritt hielten mit der Ausbreitung der Läsion der in Frage stehenden Gegend.

Dieser Gegenstand wurde zunächst von Horsley und Schäfer[1]) in Angriff genommen, die, so viel mir bekannt ist, die einzigen Physiologen sind welche meine diesbezüglichen Versuche wiederholt haben.

Anfangs konnten wohl Horsley und Schäfer meine Beobachtungen nicht bestätigen, doch zeigte ich ihnen, dass dies nur die Folge unvollkommener Ausschneidung der Hippocampusgegend war, und war ich denselben bei der Ausführung weiterer und ähnlicher Versuche behilflich, welche sie dann mit ausgezeichnetem Ergebnisse fertig gebracht haben.

[1]) Functions of the Cerebral Cortex, B. 20, Phil. Trans., 1888.

Bei einem Thiere, dessen Hyppocampusgegend zerstört worden war, konnte den darauffolgenden Tag partielle Analgesie und vollständige Empfindungslosigkeit auf der entgegengesetzten Körperhäfte, jedoch nur bei Berührung, nachgewiesen werden. Da der Tod bereits am zweiten Tage eingetreten ist, so konnte man bezüglich der Andauer der Symptome zu keinem bestimmten Schlusse gelangen.

In einem zweiten Falle wurde ebenfalls die Hippocampusgegend abgetragen und hiebei auch der Rand der Fissura calcarina und des Hippocampus minor abgetrennt. Dieses Thier war auf der entgegengesetzten Körperhälfte vollkommen anästhetisch, doch schien es nicht absolut analgetisch zu sein. Alle tactilen Reize, wie Berühren, Kratzen, Reiben und sanftes Stechen, wurden gar nicht wahrgenommen, während der auf der anderen Seite ausgeübte gleiche Reiz sofort die Aufmerksamkeit des Thieres erregte. Einige Wochen hindurch blieb die tactile Unempfindlichkeit ohne merkliche Alteration bestehen, doch ergab sich später eine allmähliche Besserung, so dass nach sechs Wochen nur mehr eine leichte Abnahme der Sensibilität constatirt werden konnte, wobei auf der der Läsion entgegengesetzten Körperhälfte durch leises Stechen, Reiben etc. viel schwieriger die Aufmerksamkeit wachgerufen werden konnte, als auf der anderen Seite. Starke Stiche, Zwicken oder brennende Hitze wurden jedoch, wie es schien, gut empfunden. Die stufenweise Abnahme der Anästhesie, die anfänglich durch eine umfangreiche, wenn nicht complete Entfernung der Hippocampusgegend zustandekam, veranlasste mich ähnliche Versuche über den Gyrus fornicatus anzustellen, in der Meinung, dass das tactile Centrum sich noch über den Rest des Lobus falciformis ausbreitet, wovon die Regio hippocampi nur ein Theil ist. Dieser Umstand veranlasste auch die genannten Autoren, über den Gyrus fornicatus Versuche anzustellen, und wurde durch letztere die Richtigkeit der anatomischen Anschauungen Broca's bezüglich der functionellen Gleichwertigkeit des ganzen Lobus falciformis erwiesen und zeigte es sich auch, dass Läsionen des Gyrus fornicatus Symptome hervorriefen, die denjenigen glichen, welche nach Zerstörung der Hippocampusgegend auftreten und nur noch intensiver und von längerer Dauer waren. In einem dieser Versuche, wo ich assistirte, wurde vor einigen Wochen einem Thiere der Hippocampus entfernt; die nach der Operation aufgetretene Anästhesie wich vollständig; dieselbe Hemisphäre wurde nun nochmals blossgelegt und die Gegend der Fissura longitudinalis und der Gyrus fornicatus wurden sodann entlang des ganzen Corpus callosum exstirpirt. Es stellte sich hierauf absolute Analgesie auf der entgegengesetzten Seite ein, die mehrere Tage nach der Operation anhielt, sowie auch vollständige Unempfindlichkeit gegen mittelstarke tactile Reize. Im Verlaufe der Zeit nahm die Analgesie in geringem Grade ab, aber noch sechs Wochen nach der

Operation war dieselbe deutlich nachweisbar. Die tactile Anästhesie war jedoch in keiner Weise vermindert, und jede Art tactiler Reizung rief keinerlei Reaction hervor. Das Versuchsthier befand sich ganz wohl und liess keine motorische Störungen erkennen, obgleich sofort nach der Operation eine leichte Schwäche des entgegengesetzten Beines zu constatiren war, die durch die Beschädigung des hinteren Antheiles des Parietallappens und dessen Nachbarschaft im Verlaufe der behufs Blosslegung des Gyrus fornicatus nothwendig vorgenommenen Operationen bedingt war. — Mehrere andere Versuche wurden noch von Horsley und Schäfer vorgenommen und machten dieselben hievon durch einen in den „Philosoph. Transact. sup. cit." erschienenen Aufsatz Mittheilung. Sie suchten hiebei auch zu bestimmen, welche Theile des Lobus limbicus oder falciformis zu den einzelnen Gegenden der entgegengesetzten Seite im Besonderen in Beziehung stehen. Aus ihren Versuchen schlossen dieselben nun Folgendes: „Wir fanden, dass jede ausgebreitete Läsion des Gyrus fornicatus eine mehr oder weniger ausgeprägte und persistente Hemianästhesie nach sich zieht. In manchen Fällen war die Anästhesie fast über die ganze entgegengesetzte Körperhälfte ausgebreitet, in anderen wiederum war dieselbe entweder auf der oberen, oder der unteren und an einzelnen Regionen des Rumpfes localisirt, doch waren wir bis jetzt noch nicht im Stande eine Beziehung herauszufinden zwischen speciellen Körpergegenden und jenen Theilen der Windungen, die zerstört worden sind. Ueberdies war die Anästhesie häufig sehr ausgesprochen und im Allgemeinen insbesonders während der ersten drei oder vier Tage nach der Operation; dieselbe nahm thatsächlich in mehreren Fällen die Form completer Unempfindlichkeit gegen tactile und schmerzhafte Eindrücke an, so dass sogar ein tiefer Stich, oder die Berührung mit glühendem Eisen kein Zeichen von Empfindung hervorrief; bald darnach aber nahm dieser Zustand im Allgemeinen stufenweise ab, und blieb derselbe auf bestimmte Gegenden beschränkt. In allen Fällen, in welchen die Abnahme der Sensibilität während der ersten Tage gut ausgeprägt war, persistirte dieselbe, wiewohl in geringerer Intensität, noch einige Wochen, wofern die Versuchsthiere auch so lange am Leben erhalten wurden. In anderen Fällen wiederum, wo die Läsion nur eine leichte war, verschwand nach und nach der Sensibilitätverlust ganz und gar, obgleich derselbe anfangs gut ausgeprägt war. In einigen Fällen bestand die Hemianästhesie in der Unfähigkeit die Reizstelle zu localisiren, während in einem Falle, in welchem die Sensibilitätsabnahme in auffallender Weise zu Tage trat, die Reizung, falls dieselbe nur hinreichend intensiv ausfiel, eine Reaction zur Folge hatte, die darin bestand, dass der Versuchsaffe einen ganz verschiedenen Körpertheil kratzte als denjenigen, welcher gereizt worden ist."

Fig. 40 A [1]) zeigt die Ansicht der rechten Hemisphäre eines Thieres, bei welchem die erwähnte Läsion anfangs vollständige Analgesie hervorrief, die von partieller Anästhesie gefolgt war, und zehn Wochen lang anhielt, nach welcher Zeit das Thier in Folge einer an der linken Hemisphäre vorgenommenen Operation starb. Fig. 42 [2]) stellt das Gehirn eines Thieres dar, welchem die vorderen Zweidrittel des linken Gyrus fornicatus abgetragen worden sind. Einige Tage bestand complete Analgesie; eine Woche nach der Operation besserte sich der Zustand bedeutend, und war bereits um diese Zeit auf der ganzen rechten Seite auf schmerzhafte Eindrücke deutliche Reaction nachweisbar, doch machte sich der Mangel des Localisationsvermögens auffallend bemerkbar, da das Thier jedesmal eine ganz andere Stelle, als jene, die gereizt worden ist, zu kratzen pflegte. Besserung stellte sich allmählich ein und nach einer kurzen Zeit war ein Unterschied in der Empfindung auf beiden Seiten nicht nachweisbar, ausgenommen am Arme, auf der Schulter und am Fusse. Elf Wochen nach der ersten Operation wurde der Gyrus fornicatus blossgelegt und dessen Oberfläche durch Kratzen mit einer Nadel verletzt; dies ergab doch kein merkbares Resultat; nach vierzehn Tage wurde das Thier getödtet.

Fig. 43 [3]) stellt das Gehirn eines Affen dar, bei welchem der hintere Theil des linken Gyrus hippocampi zerstört worden ist. Das Ergebnis bestand in bedeutender Herabsetzung des Reaction auf tactile und schmerzhafte Reize auf der hinteren Gegend der rechten Körperseite und in leichter Reactionsverminderung über der ganzen Seite.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass bestimmte Partien des Lobus falciformis, welcher im Allgemeinen das sensible Centrum für die entgegengesetzte Körperhälfte repräsentirt, die sensible Centralstätte für specielle Körperregionen bilden. Wiewohl ich ab und zu in meinen Versuchen über die Hippocampusgegend — wie Horsley und Schäfer in den ihrigen über den Gyrus fornicatus — bemerkte, dass anscheinend eine Gegend bei weitem mehr afficirt sei, als die andere, so ist dies bis jetzt dennoch nicht ganz erwiesen, und im Allgemeinen wurde stets die ganze entgegengesetzte Körperseite, Gesicht, Arm, Bein und Rumpf, befallen. Es liegt somit ein ganz unumstösslicher Beweis für die Existenz irgend welcher specieller Centra in diesem Rindenfelde noch nicht vor; doch ist es immerhin wahrscheinlich, dass ein gewisser Grad von Localisation durch Vermittlung von Associationsfasern, welche ohne Zweifel die genannte Gegend mit den motorischen Hirnrindencentren verknüpft, vorhanden ist.

Es war bis jetzt noch nicht möglich nach destructiven Läsionen des Lobus falciformis vollständigen und bleibenden Verlust aller Formen

---

[1]) l. c.

[2]) l. c.

[3]) l. c.

tactiler Sensibilität und des Gemeingefühls auf der entgegengesetzten Seite nachzuweisen, doch mag dies dem Umstande zugeschrieben werden, dass der sichelförmige Lappen in seiner ganzen Ausdehnung noch nie vollständig zerstört worden ist; auch ist es wahrscheinlich, dass wenigstens in einer gewissen Beziehung das Gemeingefühl centralwärts bilateral repräsentirt wird, so dass ein gewisser Grad von Compensation durch den sichelförmigen Lappen der anderen Hemisphäre zu Stande kommt. Die Verbindungsbahnen zwischen dem Lobus falciformis und dem sensorischen Theile der inneren Kapsel wurden noch von keinem Anatomen verfolgt und nachgewiesen, doch in Anbetracht der untrüglichen, vorher angeführten Beweise für das Bestehen einer Beziehung zwischen dem sichelförmigen Lappen und der tactilen Sensibilität und dem Gemeingefühl ist es selbstverständlich, dass die Flechsig'sche Hypothese von der Ausbreitung der sensorischen Bahnen in dem Parietallappen einer Correctur bedürfe. Kein Schema der corticalen Ausbreitung der sensorischen Bahn kann als zuverlässig betrachtet werden, wofern demselben nicht die Beziehung jener Bahn zur Rinde der Balken- und Hippocampuswindung zu Grunde gelegt wird. Obgleich der Gyrus fornicatus eine rein sensorische Region zu sein scheint, und in Folge dessen eine Zerstörung derselben eine centrifugale Degeneration im Rückenmark nicht nach sich ziehen sollte, so fand dennoch France[1]) ganz bestimmt infolge von Zerstörung des Gyrus fornicatus absteigende Degeneration in den Pyramidenbahnen des Hirnschenkels und des Rückenmarks; es muss jedoch hiebei hervorgehoben werden, dass in den meisten, wenn nicht in allen Fällen, wo der Gyrus fornicatus zerstört war, entweder die Randwindung, oder die benachbarten motorischen Centren und Bahnen gleichfalls mehr oder weniger afficirt waren, infolgedessen man annehmen muss, dass in Wirklichkeit nur aus letzterem Grunde eine absteigende Degeneration zu Stande gekommen ist. France jedoch glaubt, dass die Degeneration eine Region in der Pyramidenbahn befällt, die von jener ganz different ist, welche nach Läsion der Randwindung allein ergriffen wird; im letzteren Falle degenerirt beiläufig die hintere und äussere Partie der gekreuzten Pyramidenbahn, im ersteren hingegen der ganze Querschnitt derselben.

Diese Betrachtungen sind aber noch nicht ausreichend, um allen Zweifel zu zerstören; dieselben werden aber gestützt durch die Thatsache, dass Läsionen der Hippocampusgegend des Lobus falciformis durchaus nicht Degeneration der Pyramidenbahnen nach sich ziehen, nachdem die motorischen Centra und Bahnen infolge hinreichend grosser Entfernung von jenem Rindengebiete nicht in Mitleidenschaft gezogen werden. Im Uebrigen bedarf diese Frage noch weiterer Untersuchung.

[1]) Descending Degenerations which follow Lesions of the Gyrus Marginalis and Gyrus Fornicatus in Monkeys, Phil. Trans., B. 48, 1889.

Riech- und Geschmackscentra.

Die Lage des Riechcentrums, oder wenigstens des bedeutsamen Theiles desselben, kann mit grosser Wahrscheinlichkeit aus den corticalen Verbindungen des Tractus olfactorius erschlossen werden ohne jede weitere Beziehung auf das physiologische Experiment. Die Hauptverbindung, und beim Menschen die einzige constante Verknüpfung des Tractus olfactorius mit der Hemisphäre stellt die sogenannte äussere

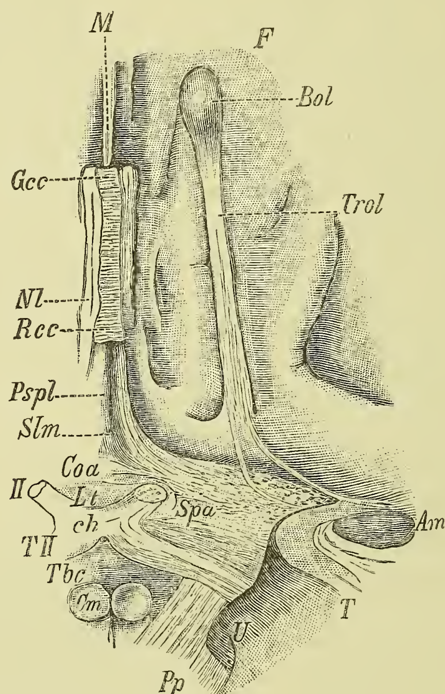


Fig. 26 (nach Obersteiner).

Pp Pes pedunculi, *Cm* Corpus mamillare, *Tbc* Tuber cinereum, *T II* tractus opticus, *ch* chiasma, *II* Nervus opticus, *T* Schläfenlappen, *U* Uncus, *Am* Nucleus amygdalae, *Spa* Substantia perforata anterior, *Lt* Lamina terminalis, *Coa* Commissura anterior, *Pspl* Pedunculus septi pellucidi, *Slm* Sulcus med. subst. perf. ant., *Rcc* Rostrum corporis callosi, *Gcc* Genu corporis callosi, *Nl* Nervus Lancisii, *F* Stirnlappen, *Bol* Bulbus olfactorius, *Trol* Tractus olfactorius.

Wurzel dar, welche nach aussen quer durch das Spatium perforatum anterius zur Rinde des Lobus hippocampi, oder zum vorderen und unteren Endstücke des Gyrus hippocampi (siehe Fig. 26, Trol) hinzieht. Die ursprüngliche Formation des Bulbus und Tractus olfactorius war diejenige eines aus der vorderen Gehirnblase ausgestülpten Divertikels, dessen Höhle allmählich fast ganz obliterirte; die Reste der ursprünglichen Verbindung desselben mit der medialen, äusseren, oberen und unteren Fläche der Hirnhemisphäre werden noch jetzt als die Wurzeln des Tractus

olfactorius bezeichnet. Obgleich beim Menschen und beim Affen all' die erwähnten Wurzeln, mit Ausnahme der äusseren, obliterirt sind, so werden denn doch bei anderen Thieren, bei welchen der Geruchssinn bedeutend entwickelt ist, sogar vier Wurzelbündel beschrieben, ein äusseres, welches zum Lobus hippocampi zieht, ein oberes und mittleres, welche den Tractus olfactorius beziehungsweise verknüpfen mit der grauen Substanz der Basis des Stirnlappens und mit dem Trigonum olfactorium, oder der grauen Substanz des Spatium perforatum anterius; schliesslich ist eine innere Wurzel zu erwähnen, welche mit dem vorderen Endstücke der Balkenwindung zu verschmelzen scheint. Die Art der Verbindungen des Tractus olfactorius mit den vorderen und hinteren Endtheilen des sichelförmigen Lappens durch die innere und äussere Wurzel wurde von Broca mit

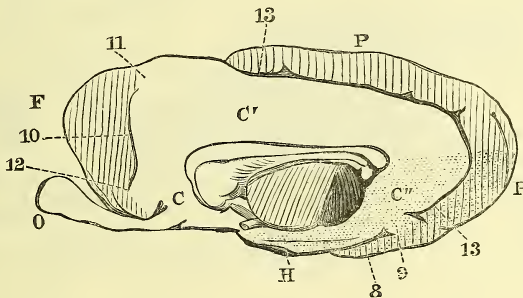


Fig. 27. Innenfläche der rechten Hemisphäre der Otter (Broca).

O Riechlappen, *H* Lobus hippocampi, *C C'C''* Corpus callosum, *F* Stirnlappen, *PP* Lobus parietalis, 8 Fissura limbica, 9 Pli de passage retro-limbique, 10 Sulcus subfrontalis, 11 Pli de passage fronto-limbique, 12 Gyrus interior fronto-limbicus annectens, 13 Fissura subparietalis.

einem Ballnetze verglichen, dessen Circumferenz der Lobus falciformis und dessen Stiel der Bulbus und Tractus olfactorius bilden (siehe Fig. 27).

Entsprechend der Entwicklungsstufe des Geruchssinnes bei den verschiedenen Thieren, sind auch die oben beschriebenen Gebilde oder auch nur Theile derselben grossen Veränderungen unterworfen. Broca gliedert alle Thiere in zwei Classen; in die erste reiht er die „Osmatiker" ein, welche die überwiegende Mehrheit der Säugethiere umfassen, und zur zweiten zählt er die „Anosmatiker", bei welchen der Geruchssinn entweder schwach entwickelt ist, wie bei den Primaten und den carnivoren Amphibien, oder nur rudimentär erscheint, wie bei den Balaniden, oder auch gänzlich fehlt, wie bei den Delphiniden. Bei den Osmatikern ist, was Sie an vorliegenden Beispielen sehen können, der Bulbus und Tractus olfactorius breit und insbesonders der Lobus hippocampi ausserordentlich stark entwickelt, und bei manchen der hiehergehörigen Thiere bildet derselbe sogar den grösseren Theil der Hirnhemisphäre.

Bei den Anosmatikern ist der Lobus hippocampi dort — wie bei Menschen und Affen — relativ klein, wo der Geruchssinn, der im Uebrigen nicht mangelhaft ist, den übrigen sensorischen Functionen subordinirt ist, während bei den Baläniden der Lobus hippocampi bedeutend reducirt ist und bei den Delphinen nahezu fehlt. Die hintere Grenze des Lobus hippocampi ist bei den Osmatikern deutlich gekennzeichnet durch eine Verbindungswindung, welche die Continuität der Fissura limbica unterbricht und den Lappen mit der Regio parieto-temporalis der Hemisphäre vereinigt. Dieser Windungszug wird von Broca als Pli de passage retrolimbique (siehe Fig. 27, 9) bezeichnet.

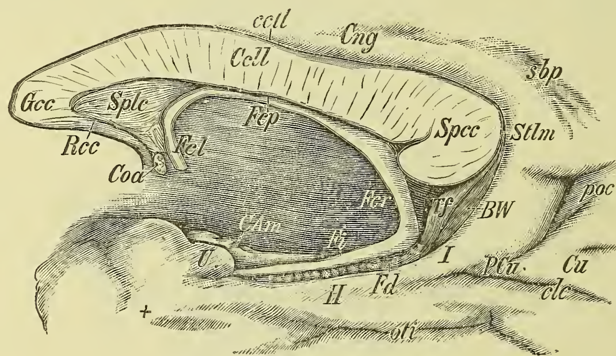


Fig. 28 (nach Obersteiner).

Ccll Corpus callosum, *Gcc* Genu corporis callosi, *Coa* Commissura anterior, *Fcl* Columnae fornicis, *Fcr* Crura fornicis, *CAm* Cornu Ammonis, *Tf* Tuberculum fasciae dentatae, *BW* Balkenwindung [Gyrus splenii], *I* Isthmus gyri fornicati, *U* Uncus, *PCu* Pedunculus cunei, *Sbp* Sulcus subparietalis, *clc* Fissura calcarina, *Rcc* Rostrum corporis callosi, *Spcc* Splenium corporis callosi, *Splc* Septum pellucidum, *Fcp* Corpus fornicis, *Fi* Fimbria, *Fd* Fascia centata, *Stlm* Stria longitudinalis medialis, *Cng* Gyrus cinguli, *H* Gyrus hippocampi, *Cu* Cuneus, *ccll* Sulcus corporis callosi, *poc* Fissura parieto-occipitalis, *oti* Sulcus occipito-temporalis inferior.

Als das Homologon dieser Windung beim Menschen und Affen wird gewöhnlich der Pedunculus cunei, oder der Gyrus cuneo-limbicus annectens betrachtet, welcher den Zwickel mit dem Gyrus hippocampi verbindet (siehe Fig. 28, PCU). Beauregard[1]) jedoch versetzt dieselbe im Walfischhirne in das Endstück des Temporallappens, gleich hinter dem Uncus und Zuckerkandl[2]) weist derselben einen ähnlichen Platz im Gehirne des Delphins an.

Aus physiologischen Gründen bin ich geneigt anzunehmen, dass beim Menschen, sowie auch beim Affen das hintere Grenzgebiet des Lobus hippocampi derjenigen Windung entspricht, welche den Uncus mit dem vorderen Endstücke des Temporosphenoidallappens verknüpft (+ Fig. 28). Dies kann man ganz gut an dem Gehirne des Chimpanse sehen, welches

---

[1]) Sur l'Encéphale des Balaenides.

[2]) Über das Riechcentrum, 1887

ich Ihnen jetzt zeige. Es würde somit der Lobus hippocampi oder pyriformis dem Gyrus uncinatus und nicht dem Gyrus hippocampi als Ganzem, welcher, wie wir gesehen haben, nur einen Theil des tactilen Centrums bildet, entsprechen.

Der relativ grosse Umfang der inneren Wurzel bei manchen Thieren und deren ganz deutlich sichtbare Verbindung mit dem vorderen Endstücke des Gyrus fornicatus verleiteten Broca zur Ansicht, dass zwischen der Entwicklung dieser Gegend und dem Geruchsinne ein Zusammenhang bestehen müsse; doch die Thatsache, die er übrigens selbst zugibt, dass die vordere Portion des Gyrus corporis callosi insbesonders im Gehirne der Cetaceen sehr gut entwickelt ist, deren Geruchssinn nur rudimentär ausgebildet ist, widerspricht entschieden dieser Annahme. Zuckerkandl jedoch gibt an, dass beim Delphin das vordere Endstück des Gyrus corporis callosi im Vergleiche mit demjenigen der osmatischen Thiere in gewissem Grade atrophirt ist. Die Verbindung der inneren Wurzel mit dem Gyrus corporis callosi halte ich nur für eine oberflächliche und wahrscheinlich zieht dieselbe zum vorderen Ende derjenigen Windung, welche Zuckerkandl als Randwindung bezeichnet; dieselbe bildet den Balkenrand des sichelförmigen Lappens und geht nach hinten ununterbrochen in die Fascia dentata über. (Siehe Fig. 28, Fd.). Der dorsale Antheil, oder die Portio supracallosa dieser Windung ist bei den anosmatischen Thieren nahezu ganz verödet und bilden die Ueberreste derselben die Nervi Lancisii (Stlm, Fig. 28), die beim Menschen auf der oberen Fläche des Corpus callosum sichtbar sind. Er beschreibt auch, als den osmatischen Thieren eigenthümlich, einen Fortsatz des sichelförmigen Lappens, welcher unter das Splenium corporis callosi zieht und den er als Balkenwindung bezeichnet; Schwalbe jedoch betrachtet denselben lediglich als eine Portion des Gyrus dentatus. Beim Menschengehirne kann dieselbe oft gesehen werden. (BW, Fig. 28.) Zuckerkandl sucht auch eine Beziehung zwischen der Entwicklung des Geruchssinnes und der Grösse des Ammonshornes festzustellen; er bestreitet, dass beim Delphin das Ammonshorn zu einem unbedeutenden Rest reducirt ist, und behauptet im Gegensatze zu anderen Anatomen, dass dasjenige, was als Hippocampus angesprochen worden und topographisch und in anderer Beziehung demselben der Structur nach entspricht, durchaus nicht das Ammonshorn sei, sondern einfach nur eine Prominenz im absteigenden Horne des Seitenventrikels und als Eminentia collateralis Meckelii aufzufassen ist. Da es mir gar nicht leicht ankam über diesen Punkt selbst Untersuchungen anzustellen, so fragte ich W. Turner um seine diesbezügliche Ansicht. Derselbe schrieb mir nun Folgendes:

„Ich gebe Ihnen im Folgenden eine Darstellung der Zergliederung des Unterhornes im Seitenventrikel des Gehirnes eines Delphin. Das

Horn war ununterbrochen im Zusammenhange mit dem hinteren Ende des Körpers des Seitenventrikels und zog sich nach vor- und abwärts gegen jenen Hemisphärenlappen hin, welcher, gemäss seiner Lage, als temporo-sphenoidaler zu bezeichnen ist. Entlang seiner Grundfläche ist eine scharf begrenzte Prominenz sichtbar, welche unzweifelhaft als Ammonshorn anzusprechen ist. Diese Prominenz, welche 23 Millimeter lang war, war nach vorne keulenförmig verdickt, und hatte im transversalen Durchmesser 4—5 Millimeter. Längs dem inneren Rande des Hippocampus zog als Taenia hippocampi der hintere Gewölbschenkel hin. Der Plexus chorioideus lag im Unterhorn ganz nach innen von der Taenia hippocampi. Der Gyrus hippocampi lagert genau über dem inneren concaven Rande der Taenia hippocampi; derselbe war 5—6 Millimeter breit und endete nach vorne in einem Lobus hippocampi, dessen grösste Breite acht Millimeter betrug."

Sir W. Turners anatomische Beschreibung widerspricht somit der Angabe Zuckerkandls, dass dem Delphine das Ammonshorn fehlt. Wenn auch das Ammonshorn bei den osmatischen Thieren bedeutend entwickelt ist, so kann man doch nicht behaupten, dass es beim Menschen und Affen atrophirt oder bezüglich seiner Grösse mit anderen Theilen variire, die zugegebenermassen mit den Tractus olfactorii im Zusammenhang stehen. Es ist fraglich, ob das Ammonshorn beim Menschen relativ kleiner als bei den niederen Thieren ist; doch hinsichtlich seiner absoluten Grösse gibt Turner an: „Möglicherweise ist das Ammonshorn des Elephanten und vielleicht auch dasjenige der grössten Fische gerade so gross wie jenes des menschlichen Gehirns, doch glaube ich, dass das menschliche Ammonshorn absolut grösser ist, als bei den Säugern im Allgemeinen."

Der Lobus Hippocampi jedoch ist beim Menschen relativ bei weitem kleiner, als bei den osmatischen Thieren und vielleicht ist er auch absolut kleiner, als bei vielen der letzteren. Welche Bedingungen Variationen in der Grösse des Ammonshorn herbeiführen, [1]) kann wohl nicht bestimmt angegeben werden, doch scheint zwischen dem Gyrus fornicatus und dem Gyrus Hippocampi bezüglich der Grössenentwicklung ein umgekehrtes Verhältnis vorzuliegen. In dieser Weise verhält es sich bei den Cetaceen und Delphiniden, bei welchen der Gyrus fornicatus ungewöhnlich gross und mit reichlicheren Windungen versehen ist, als bei den höheren Thieren. Ebenso ist auch bei den osmatischen Thieren im Allgemeinen der Gyrus fornicatus relativ grösser, als der Gyrus hippocampi (abgesehen vom Lobus hippocampi). Beim Känguruh verschmelzen

[1]) Bei meinen Versuchen über die Regio hippocampi war es unmöglich zu unterscheiden zwischen ausschliesslich auf das Ammonshorn beschränkten Läsionen und denjenigen des Gyrus hippocampi.

der Gyrus hippocampi und das Ammonshorn mit dem Gyrus fornicatus, und das Ammonshorn erscheint als der eingerollte Rand dieser Windung (siehe Fig. 29). Dieses Verhalten weist auf eine gemeinsame functionelle Basis des Ammonshorns und des Restes des Lobus falciformis hin, welches, wie wir gesehen haben, mit der allgemeinen Körpersensibilität in Zusammenhang zu bringen ist.

Durch die vordere Commissur werden die Bulbi und Tractus olfactorii mit einander verknüpft. Diese Verbindung kann man am besten bei denjenigen Thieren sehen, welche grosse Bulbi olfactorii besitzen (siehe Fig. 30, p o), doch kann eine ähnliche Verbindung auch im Gehirne des Affen und des Menschen nachgewiesen werden (siehe Fig. 31, a c). Die vordere Commissur verbindet auch die Lobi hippocampi miteinander

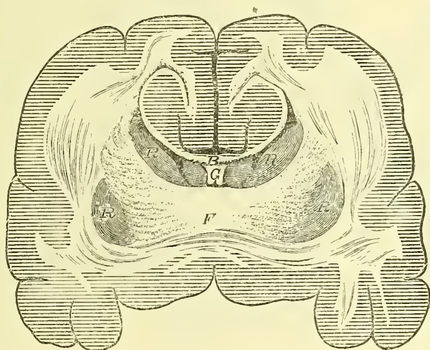


Fig. 29. Frontalschnitt durch das Gehirn eines Känguruh (macropus maior) (nach Flower).

B Körper des Corpus callosum (die Ammonshörner miteinander verbindend); *F* vordere Commissur, *G* Septum; *R* Corpus striatum.

(Fig. 30, p t). Dieser Theil der vorderen Commissur (temporale Portion) variirt bezüglich der Grösse nicht ganz und gar mit dem Lobus hippocampi.

Wie Flower gezeigt hat[1]), variirt wahrscheinlich bezüglich seiner Grösse dieser Theil in umgekehrtem Verhältnisse mit dem Corpus callosum. Beim Hunde, dessen Lobus hippocampi siebenmal so gross als derjenige des Kaninchens ist, ist der temporale Theil der vorderen Commissur um ein Drittel kleiner. Das Verhalten der relativen Grösse der Portio olfactoria und temporalis steht nicht im Einklang mit der Theorie Meynert's, nach welcher die vordere Commissur ein Chiasma, ähnlich demjenigen des Nervus opticus, bildet, wo die Tractus olfactorii sich kreuzen. Weiterhin ergaben die Untersuchungen von Ganser und von Gudden[2]), dass, wenn ein Bulbus olfactorius entfernt worden ist, die ganze Portio

[1]) Phil. Trans., 1865, On the Cerebral Commissure of the Marsupialia and Monotremata.

[2]) Archiv f. Psychiatrie, Band 9.

olfactoria der vorderen Commissur auf beiden Seiten atrophirt, während die Portio temporalis unversehrt bleibt. Wir können somit annehmen, dass, wenn der Tractus olfactorius zur entgegengesetzten Hemisphäre in Beziehung steht, derselbe seinen Lauf nicht durch die vordere Commissur nimmt. Vom anatomischen Standpunkte aus scheint es richtig zu sein, dass der Tractus olfactorius nur mit der gleichseitigen Hemisphäre in Zusammenhang steht; doch liegen klinische Thatsachen vor, die nur unter der Annahme ihre Erklärung finden, dass wenigstens einige Faser-

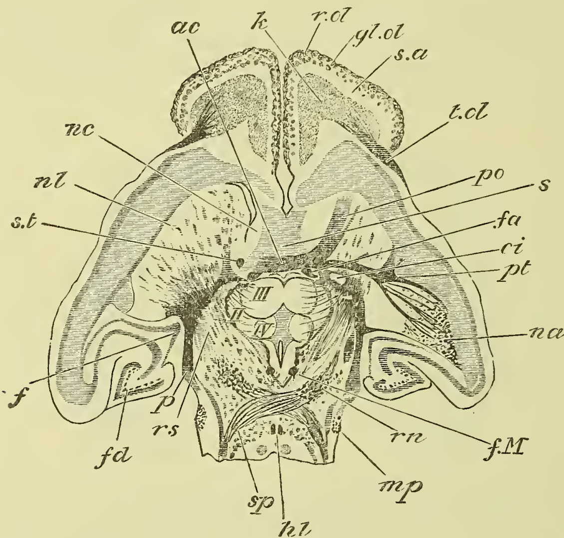


Fig. 30. Horizontalschnitt des Gehirns eines Kalbes in der Ebene der vorderen Commissur (× 4) (nach Ganser).

ac vordere Commissur, sich theilend in *po* pars olfactoria und in *pt* pars temporalis; *ci* innere Kapsel; *f* Fimbria; *fa* vorderer Gewölbschenkel; *fd* fascia dentata; *fM* Meynert'sches Bündel; *g l. ol* Glomeruli Olfactorii *hl* hinteres Längsbündel; *K* Körnerschichte des Bulbus olfactorius; *mp* mittlerer Kleinhirnschenkel; *ha* Mandelkern; *nc* Schweifkern; *nl* Linsenkern *P* Pyramidenbahn; *rn* rother Kern; *r ol* Wurzeln des Nervus olfactorius; *rs* regio subthalamica; *s* septum lucidum; *sa* substantia alba; *sp* oberer Kleinhirnschenkel; *st* stria terminalis; *t ol* tractus olfactorius.

bündel von denen, die den Tractus olfactorius mit der Hemisphäre verknüpfen, durch die innere Kapsel der entgegengesetzten Seite ziehen. Durch den Fornix wird der Tractus olfactorius indirect in Beziehung gebracht mit dem Tuberculum anterius des Thalamus opticus, doch besteht bezüglich des Grössenverhältnisses zwischen dem Tractus olfactorius und dem vorderen Gewölbschenkel keinerlei Uebereinstimmung. Beim Kaninchen beispielsweise betragen die vorderen Gewölbschenkel nicht mehr als ein Drittel vom Querschnitt des Tractus olfactorius, und beim Menschen beträgt der Durchmesser des vorderen Gewölbschenkels 3 Millimeter, während der Tractus olfactorius nahezu fadenförmig erscheint.

Ein bestimmter Theil der den Fornix zusammensetzenden Faserbündel sind nach Owen[1]) Commissurenfasern, durch welche die Ammonshörner unter einander verbunden werden; dies kann man am besten an dem Känguruhhirn sehen, bei welchem, wie bereits erwähnt, das Ammonshorn eine eingerollte Faltung des Gyrus fornicatus bildet, und wo die commissuralen Fasern, welche beide Ammonshörner verknüpfen, aus jenem Markfaserbündel hervortreten, welches bei diesen Thieren als Corpus callosum angesehen wird (B, Fig. 29). Beim Menschen besteht auch der hintere Theil des Gewölbes aus transversalen Fasern, die das Psalterium zusammensetzen. Die Thatsache, dass die Ammonshörner mit einander durch ein besonderes System commissuraler Fasern verbunden sind, spricht auch für die bestehende functionelle Verschiedenheit dieser Gebilde von den Lobi hippocampi, die durch den hinteren oder den temporalen Theil der vorderen Commissur mit einander verknüpft sind.

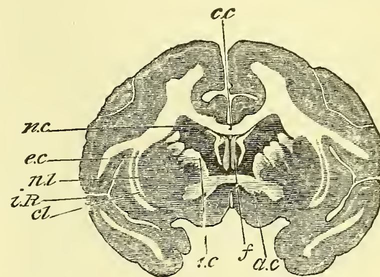


Fig. 31. Frontalschnitt eines Affengehirns rechtwinklig zu den Hirnschenkeln in der Gegend der vorderen Commissur (Natürliche Grösse).

ac vordere Commissur; *cc* Balken; *cl* Claustrum; *ec* äussere Kapsel; *f* Gewölbschenkel; *ic* innere Kapsel; *iR* Reil'sche Insel; *nc* nucleus caudatus; *nl* nucleus lenticularis.

Die Effecte elektrischer Reizung des Lobus hippocampi bei Affen und bei anderen Thieren, die in eigenthümlicher Verdrehung der gleichseitigen Lippen und des Nasenflügels bestehen, weisen bestimmt hin auf das Zustandekommen subjectiver Geruchswahrnehmung. Doch gelegentlich ist die Reaction beiderseitig und insbesonders ist dies beim Kaninchen der Fall. Die hiebei auftretenden Erscheinungen sind dieselben wie jene, die bei directer Reizung der Nasenschleimhaut durch eine stechend und scharf riechende Substanz beobachtet werden. Bei Reizung des blossgelegten Ammonshorns habe ich eine gleiche Reaction nicht beobachten können. Doch, während wir mehr oder weniger bestimmt nach den sichtbaren äusserlichen Reactionserscheinungen herausfinden können, dass infolge einer Reizung eine subjective Geruchswahrnehmung zu Stande gekommen ist, ist es eine überaus schwierige Aufgabe, genau anzugeben, ob nach Zerstörung der gleichen Region das Geruchsvermögen geschwunden ist. Bei manchen Thieren ist dies leichter eruirbar, als bei anderen und würden sich Hunde, bei welchen die Nase das Hauptorgan intellectueller Perception bildet, für derartige Experimente viel besser eignen als Affen. Ich hatte grosse Schwierigkeiten, bei Affen äussere Zeichen des Behagens oder des Widerwillens herauszufinden, die auf das Vermögen derselben schliessen lassen.

[1]) Comparative Anatomy of the Vertebrates.

Gerüche wahrzunehmen und deren Art zu erkennen; auch verhielten sich dieselben vollständig indifferent, wenn ihr Futter mit üblen Gerüchen behaftet war. Ich nahm Geruchsproben vor mit Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff, mit Valeriana, Asa foetida, Jodoform, Crotonchloral und mit verschiedenen anderen Substanzen, die ich mit dem Futter mengte, doch fiel das Resultat stets negativ aus. Nur der der Aloë anhaftende Geruch schien den Versuchsaffen unangenehm zu sein, und dies vielleicht eher durch den zugleich wahrgenommenen unangenehmen Geschmack der Aloë. Sehr selten konnte ich beobachten, dass ein Affe Früchte, oder andere Futtersachen, die mit dieser Drogue bestreut waren, gegessen hätte. Ich habe somit bei Affen zur Geschmacks- und Geruchsprobe fast ausschliesslich die Aloë verwendet.

In meinen früheren Experimenten fand ich in mehreren Fällen, wo ich die unteren Temporalgegenden auf einer, oder auf beiden Seiten zerstört hatte, wenigstens eine Zeitlang Zeichen von Abnahme oder gar gänzlichem Mangel der Reaction, die gewöhnlich durch stechende Gerüche oder unangenehme Geschmackseindrücke hervorgerufen wird. Meine damaligen Versuche waren aber, wie ich gestehen muss, nach dieser Richtung nicht ganz exact.

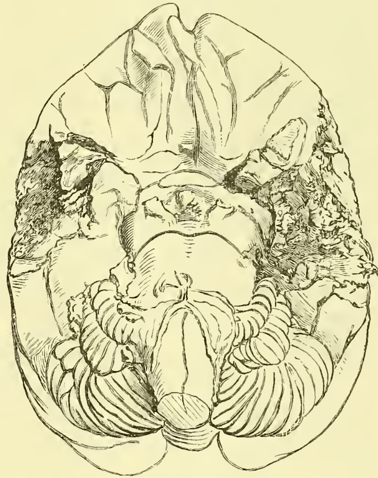
Schäfer und Sänger-Brown[1]) waren nicht im Stande, irgend welche Anzeichen der Abnahme oder des Verlustes des Geschmacks- und Geruchssinnes nach destructiven Läsionen des unteren Endstückes der beiderseitigen Schläfelappen zu entdecken. Auf Seite 324 bemerken dieselben: „Thiere, denen die vordere-untere Portion des Schläfelappens sammt dem Subiculum vollständig abgetragen worden ist, riechen ihre Futterstoffe, entdecken sofort eine übelriechende Substanz, wie Aloë oder Asa foetida, in denselben und werfen dieselbe dann weg. Eine Traube, die durch Bestreuen mit Chinin bitter geworden, wird unter äusseren sichtbaren Zeichen des Ekels weggeworfen.“ Bei Betrachtung der ihrer Arbeit beigegebenen Figuren, zeigt wohl nur eine derselben (Nr. 2, Tafel 4) deutlich die vollständige Entfernung des vorderen Endstückes. In allen anderen Figuren sind die übrigen Theile des Lobus hippocampi auf beiden Seiten noch zu sehen[2]). In dem Berichte über das zweite Experiment geschieht etwaiger behufs Prüfung des Geruchssinnes des Versuchsthieres vorgenommener Proben keine Erwähnung, es wird nur angegeben, dass am zweiten Tage das Thier deutlich die Zeichen von Unversehrtheit des Geschmackssinnes zu erkennen gab. Doch glaube ich, dass auf beiden Seiten soviel von der Hippocampus-Region zurückgeblieben ist, dass der Geruchssinn keine bedeutende Störung erlitten hat, wenn auch derselbe

[1]) Philos. Transact. B. 30, 1888.

[2]) Fig. 1 b, 3 a, 6 c., l. c.

nicht mehr so scharf, wie vorher war. Ich hielt es somit für wünschenswert, nach dieser Richtung einige Versuche anzustellen.

Bei drei Affen habe ich durch successives Verfahren die vordere Portion der Temporallappen abgetragen, doch nur eines dieser Versuchsthiere überlebte wenigstens so lange die beiderseits vorgenommene Operation, dass es möglich wurde, befriedigende Beobachtungen anzustellen. In diesem Falle war der vordere Theil des linken Temporallappens ganz zerstört, mit Ausnahme eines schmalen Bruchstückes des Lobus hippocampi, welches vom Reste ganz abgesondert war (Fig. 32). Während der Vornahme der Läsion wurde der Tractus opticus beschädigt und in geringem Grade litt auch der Hirnschenkel, so dass das Thier rechtseitig vollständig hemiopisch wurde und bis zum Tode es auch blieb; in gleicher Weise war auch eine leichte rechtsseitige Hemiplegie mit rechtsseitiger Hemianästhesie zu constatiren, die aber im Verlaufe von vierzehn Tagen vollständig rückgängig wurden. Die zweite Operation wurde einen Monat nach der ersten vorgenommen. Doch war die Zerstörung keine vollständige, und es war deutlich zu sehen, dass die Oberfläche des Lobus hippocampi, die unmittelbar dem Hirnschenkel anliegt, noch intact ist, obgleich der Lappen fast ganz untergraben war. Die Tractus olfactorii waren absolut normal, sowie auch die übrigen Hirnnerven und der Rest des Gehirnes. Das Versuchsthier wurde noch drei Monate am Leben gelassen und nach dieser Zeit mittelst Chloroform getödtet. Die Stellen, an welchen die oberflächlichen Gegenden der Schläfenlappen abgetragen worden sind, adhärirten fest an den mittleren Gruben der Hirnschale und die Maschenräume des adhärirenden Gewebes waren von einer serösen Flüssigkeit erfüllt; alles andere zeigte normales Verhalten. Die bei diesem Thiere beobachteten Erscheinungen sind nun von bedeutendem Interesse.


Fig. 32.

In der Woche nach der vorgenommenen Läsion wurden zahlreiche Beobachtungen über das Verhalten des Geruch- und Geschmacksinnes angestellt, doch ergaben dieselben die Unversehrtheit der Letzteren. Es war unmöglich, mit Bestimmtheit irgend eine einseitige Abschwächung jener Sinnesfunctionen nachzuweisen, und waren dieselben im Ganzen scharf genug, um das Thier in den Stand zu setzen, Substanzen, die ihm bis nun ekelhaft und unangenehm waren unberührt

liegen zu lassen, oder wegzuwerfen. Das Thier verwarf somit Aepfelstücke, die mit Aloë beschmiert waren, nachdem es dieselben berochen und beleckt hatte; ein Stück Apfel welches mit schwefelsaurer Magnesia belegt war, prüfte es sorgfältig durch den Geruchsinn, warf es aber weg, nachdem es den Geschmack desselben wahrgenommen hatte. Doch verschlang es ein Stück, das gar nicht mit widerlichen Dingen versetzt war, mit Ungestüm. Gleichfalls liess es ein Stück Apfel liegen, das mit Zinksulfat bestreut war und berührte auch nicht ein mit Coloquinthen beschmiertes Stück. Solche und ähnliche Beobachtungen wurden häufig gemacht und bestätigt, und man konnte auch nicht zweifeln, dass das Versuchsthier sich eines ausgezeichneten Geruch- und Geschmacksinnes erfreute.

An dem Tage nach der zweiten Operation und an den zwei folgenden waren das physische Wohl und die Kraft des Thieres gut erhalten, doch schien es in seiner Trägheit und in seinem Stumpfsinn gar keine Lust zu zeigen, spontan Nahrung zu sich zu nehmen, sondern verschlang alles, was demselben vorgehalten wurde, mit grosser Gier und liess kein Zeichen von Widerwillen erkennen, wenn ihm Futterstücke, die reichlich von Aloë durchsetzt waren, dargereicht wurden; auch verzog er nicht sein Gesicht, wenn ihm Aloë in den Mund gesteckt wurde, sondern ass gleichgiltig weiter. Am fünften Tage nach der Operation war das Verhalten des Thieres dasselbe. An diesem Tage kam es häufig auch vor, dass das Versuchsthier, während es vom Boden seines Käfigs Futter auflas, seinen Mund mit Sägespänen füllte, ohne dass es dieselben als solche zu erkennen schien. Am 6., 7. und 8. Tage wurden dieselben Proben vorgenommen und ergaben sich stets die gleichen Resultate. Es liess kein Zeichen von Ekel erkennen, wenn die ihm dargebotene Nahrung mit Aloë, Coloquinthen oder mit Chinin vermengt war. Sogar am elften Tage riefen Coloquinthen, die ihm in den Mund gebracht worden sind, keinen Widerwillen hervor: wurden dieselben jedoch einem seiner Genossen in den Mund gebracht, so folgte Ekel und Erbrechen darauf. Am achtzehnten Tage leckte das sonst sehr zahme Versuchsthier an Jemandes Fingern, die vorher in Aloëpulver getaucht wurden und trank aus einer Schüssel Milch, die mit demselben Pulver versetzt war, wärend seine Genossen dieselbe verschmähten. Ein drittes Thier, dem die Schüssel mit Milch vorgehalten wurde, schlürfte ein wenig, leckte aber dann, Verdacht schöpfend, an seinen Lippen und wollte nichts mehr nehmen. Um nun den höchst unangenehmen Aloëgeschmack mit einem scharfen und markanten Geruch zu vereinigen, vermengte ich gepulverte Aloë mit Moschus, so dass bezüglich des der Substanz intensiv anhaftenden und charakteristischen Geruches kein Zweifel vorliegen konnte. Doch auch diese Procedur liess keinen Unterschied erkennen. Nahrungsstücke, welche mit Aloë und

Moschus vermengt waren, wurden in gleicher Weise ganz und gar verzehrt wie andere, und schien es, dass das Versuchsthier gar nicht der Täuschungen, denen man es aussetzte, gewahr wurde, da es immer wieder herankam und die mit Moschus imprägnirte Aloë von einer Messerklinge ableckte, gerade als ob es irgend etwas Leckerhaftes gewesen wäre. Der Genosse unseres Versuchsaffen jedoch blickte seitwärts und hielt sich in weiter Distanz ferne, nachdem es schon einmal die Kostprobe durchgemacht hatte. Das Versuchsthier, welches sonst vollkommen wohl und voller Munterkeit war, ass noch wie vor einem Monate ganz unbekümmert Trauben, die mit Aloë und Moschus belegt waren, während sein Genosse dieselben, so wie er sie gerochen, sofort auch wegwarf. Sechs Wochen nach der Operation wurde dem Thiere wieder ein Stück Aloë in den Mund gesteckt, doch verhielt sich dasselbe ganz indifferent und liess kein Zeichen von Ekel erkennen. Wurde seinem Genossen ein gleiches Stück in den Mund gesteckt, so spie es dasselbe aus, und machte gar komische Versuche, die unangenehme Substanz von seinen Lippen und von der Zunge abzuwischen. Ein anderes Thier, welches früher nach dieser Richtung nie auf die Probe gestellt wurde, erbrach mehreremale in heftiger Weise, doch unser Versuchsthier leckte einige Minuten nachher ganz gierig das gleiche Pulver von der Flachseite eines Messers ab. Auch zwei Monate nach der Operation leckte es noch an einem Finger, der mit Aloë und Moschus belegt war, und ass mehrere Stücke Aepfel, die mit demselben Pulver beschmiert waren, und welche von drei anderen Thieren gänzlich verschmäht wurden. Zucker, welcher reichlich mit Aloë versetzt war, ass gleichfalls das Versuchsthier. Selbstverständlich rief die genannte Drogue, falls sie in entsprechender Quantität verabreicht worden, beim Thiere sehr oft die charakteristische Wirkung hervor. Nahezu drei Monate nach der Operation zeigte sich der Versuchsaffe gegen Substanzen, welche von anderen Affen in Folge ihres Geruchs und Geschmacks verabscheut wurden, vollständig indifferent, und machte keine abwehrenden Geberden, wenn ihm dieselben in den Mund gebracht wurden. Doch liess das Versuchsthier bereits zu dieser Zeit das Vorhandensein von Geschmacksempfindung erkennen, indem es nicht gar selten Apfelstücke und andere Futterbrocken, die in gleicher Weise wie vorher mit Aloë bestreut waren, auswarf. Gelegentlich beschnüffelte es Alles, was ihm hingeworfen wurde, bevor es dasselbe ass, und pflegte es auch manches, ohne es zu verkosten, zu Boden zu werfen. Ob aber dieses Verhalten durch irgend eine Geruchsempfindung bedingt war, oder nur als eine gewohnheitsmässige Handlung zu deuten ist, war nicht ganz klar, da es auch Nussschalen, Brotrinde und Hülsen, die gewöhnlich keinen Geruch verbreiten, nach genauer Besichtigung wegzuwerfen pflegte. Es war auch bezüglich der ihm dargereichten Nahrung sehr wählerisch,

indem es beispielsweise Aepfel gekochten Kartoffeln vorzog, und schien es auch, dass das Versuchsthier Zucker und gekochten Reis sehr gerne zu sich nahm; doch konnte ich nicht positiv bestimmen, ob der Grad der Schmackhaftigkeit der Nahrungsmittel für die Auswahl der letzteren maassgebend war. Die allgemeinen Ergebnisse meiner Beobachtungen machen jedoch die Annahme wahrscheinlich, dass das Geruchs- und Geschmacksvermögen des Thieres, obgleich beide Functionen deutlich abgeschwächt waren, dennoch nicht gänzlich geschwunden waren. Das Versuchsthier verweigerte ja nicht eine geraume Zeit nach beiderseitiger Zerstörung des unteren Endstückes des Schläfenlappens Substanzen, deren Geruch und Geschmack normalen Thieren im höchsten Grade widerlich war, zu sich zu nehmen, und ich glaube somit dies Verhalten in keiner anderen Weise erklären zu können, als durch die Annahme, dass die Riech- und Geschmackscentra, wenn auch nicht vollends, so doch wenigstens in ausgebreitetem Maasse desorganisirt waren. Es wäre wohl nothwendig gewesen, über diesen Gegenstand noch weitere Untersuchungen vorzunehmen, doch in Hinblick auf die zur Zeit der Influenzaepidemie aufgetretene excessive Sterblichkeit unter meinen Affen, war ich bis jetzt noch nicht imstande meine Versuche nach dieser Richtung hin auszudehnen.

Ein an einem Hunde ausgeführter, und ob des sich ergebenden indirecten Resultates interessanter Versuch wurde von Munk mitgetheilt, und ist derselbe bezüglich der vorliegenden Frage von Wichtigkeit. Munk beobachtete, dass ein Hund, der in Folge beiderseitiger Zerstörung der Sehcentren blind geworden ist, unfähig schien, mittelst seines Geruchsvermögens Fleischstücke, die vor demselben ausgestreut lagen, aufzulesen. Das einzige Anzeichen dafür, dass noch Spuren von Geruchsvermögen vorhanden waren, bestand in leichtem gelegentlichen Anschnüffeln der Futterstücke. In dieser Weise verhielt sich das Versuchsthier mehrere Monate hindurch, bis es nach dieser Zeit getödtet wurde. Die Post-mortem-Untersuchung ergab, dass auf beiden Seiten der ganze Gyrus hippocampi in eine dünnwandige mit Flüssigkeit erfüllte transparente Cyste umgewandelt war. Abgesehen von den Narben, die in Folge der Zerstörung der Hinterhauptlappen sich gebildet haben, war das Gehirn im Uebrigen intact, was auch in gleicher Weise von dem Tractus und den Bulbi olfactorii gilt. Obgleich Munk diesen Fall dafür als einen Beweis hinstellt, dass der Gyrus hippocampi das Riechcentrum sei, so müssen wir es doch, umsomehr als die Lobi hippocampi gerade so gut in Mitleidenschaft gezogen waren als der Rest der Gyri hippocampi, als eine blosse Bestätigung der Thatsachen ansehen. welche darauf hinweisen, dass der Geruchssinn hauptsächlich im Lobus hippocampi localisirt sei.

Luciani[1]) schliesst aus seinen Ergebnissen nach Experimenten, die an Hunden vorgenommen worden sind, Folgendes: „Zerstörung des Schläfenlappens zieht keine merkbare Abnahme des Geruchsvermögens nach sich; breitet sich jedoch die Läsion auf die über der Sylvi'schen Furche gelegene Nachbarwindung aus, so beobachtet man eine bemerkenswerte Abnahme dieses Sinnes. Schliesslich wird durch eine Anzahl von Versuchen dargethan, dass eine ausgebreitete Abrindung des Gyrus hippocampi in gleicher Weise, wie eine theilweise Abtragung des Ammonshornes, Geruchsstörungen hervorruft, vor Allem einen nahezu vollständigen Verlust des Geruchvermögens — eine Thatsache, die uns darauf hinweist, dass dieser Gehirnabschnitt die Centralstätte der Geruchssphäre sei."

Luciani nimmt auch an, dass jedes Centrum zu beiden Nasenhälften in Beziehung stehe, jedoch zumeist mit der gleichseitigen. In seiner schematischen Darstellung des Grenzgebietes der Geruchssphäre lässt aber Luciani letztere nach aufwärts bis in die Parietalgegend längs der longitudinalen Fissur sich verbreiten und zum Theile auch gegen den Stirnlappen. Bezüglich des Geschmacksinnes behauptet derselbe gelegentlich bei einem Hunde gefunden zu haben, dass nach einseitiger Zerstörung der vierten äusseren Windung und einer Portion des Gyrus hippocampi das Versuchsthier auf der entgegengesetzten Seite der Zunge Bitterstoffe. (Digitalin) weniger empfunden habe. (Im „Brain" wird dies falsch berichtet. Die Bezugnahme auf das Originalexperiment[2]) zeigt, dass die Läsion die linke Hemisphäre befallen hatte, wobei in der linken Nasenhälfte das Geruchsvermögen geschwunden ist, und die rechte Zungenhälfte das Geschmacksvermögen eingebüsst hat.)

Bis jetzt sind die klinischen und pathologisch-anatomischen Argumente zu Gunsten der Localisation des Geruchs- und Geschmackssinnes verhältnismässig noch sehr spärlich. Aus den anatomischen Betrachtungen ergibt sich wenigstens, dass das Riechcentrum direct zur Nase in Beziehung steht, doch habe ich bereits erwähnt, dass die Erscheinungen der hysterischen Hemianästhesie darauf hinzuweisen scheinen, dass der Geruchsinn, gleich den anderen speciellen Sinnen, mit der entgegengesetzten Seite verknüpft ist. Es ist fraglich, ob die bei diesem Leiden gleichzeitig auftretende allgemeine Anästhesie der Nase ganz und gar die Anosmie erklärt, nachdem ich gefunden habe, dass, wenn in Folge einer Affection des Trigeminus die allgemeine Sensibilität der Nase erloschen ist, der Geruchssinn nicht geschwunden ist. Doch ist es

[1]) „Sensorial Localisations in the Cortex Cerebri," Brain, 1885.
[2]) Die Functions-Localisation auf der Grosshirnrinde, p. 117.

schwierig auf Grund unserer gegenwärtigen Kenntnisse eine anatomische Verbindung zwischen dem Riechorgan und der entgegengesetzten Seite des Gehirnes anzugeben. Hierüber sind selbstverständlich weitere Untersuchungen nothwendig. Es liegen wohl klinische Fälle vor, welche zu Gunsten directer Verknüpfung der Riechcentra sprechen. Man kann wohl gegen die von Ogle, Fletscher und Ransome[1]) publicirten Fälle, bei welchen die Anosmie gleichzeitig mit Aphasie und rechtsseitiger Hemiplegie auftrat, den Einwurf erheben, dass eine directe Läsion des Tractus, oder Bulbus olfactorius vorgelegen habe. Hingegen wurde von Churton und Griffith[2]) ein Fall publicirt, in welchem der Geruch auf derselben Seite der Läsion abgeschwächt war, und wo durch einen Tumor der Gyrus uncinatus erodirt wurde; eine directe Affection des Tractus olfactorius schien somit in diesem Falle nicht vorzuliegen.

Es wurden auch mehrere Fälle veröffentlicht, in welchen bei Läsionen in der Gegend der Hakenwindung Aura olfactoria, oder rohe Geruchssensationen beobachtet wurden. Ein solcher wurde von McLane Hamilton[3]) veröffentlicht, wo keine Läsion der Geruchsnerven nachweisbar war, ein anderer Fall wurde von Worcester[4]) mitgetheilt und den dritten publicirten Hughlings, Jackson und Beevor[5]); im letzteren war das vordere Endstück des rechten temporo-sphenoidalen Lappens der Sitz eines Tumors, der den Mandelkern und die Markfasern in sich schloss. Doch war in diesem Falle das Geruchsvermögen auf keiner Seite geschwunden, was darin seinen Grund hatte, dass das ganze Centrum durch den Tumor nicht zerstört worden war.

Dieser und die anderen eben erwähnten Fälle sind, wie Dr. Jackson bemerkt, für die genaue Bestimmung sensorischer Localisation von bedeutendem Werte, obgleich dieselben keine präcisen Angaben bezüglich der Lage und Umgrenzung des Centrums liefern, wie solche durch destructive Läsionen geboten werden, die einen vollständigen Schwund, oder eine beträchtliche functionelle Abschwächung nach sich ziehen. Dennoch stimmen diese Fälle nach ihren Ergebnissen mit den Resultaten der anatomischen und physiologischen Untersuchung überein. Die bei rohen Geschmackssensationen manchmal zu beobachtenden Lippenbewegungen und auch die sonstige Geschmacksempfindungen verrathenden Bewegungen — die „Traumzustände“ epileptischer Anfälle — sind wahrscheinlich Entladungen der Geschmackscentra; doch stehen uns hierüber viel weniger pathologische Thatsachen zur Verfügung, als betreffs der

---

1) Siehe: Die Functionen des Gehirns, 2. Aufl. p. 321.

2) Brit. Med. Journal, May 28th, 1887.

3) New-York Med. Journal, Vol. XXXIV.

4) Amer. Journ. of Insanity, July 1887,

5) Brain, October, 1889.

Localisation der Geruchscentra. Von Dr. James Anderson[1]) wurde ein Fall von eigenthümlicher Geruchs- und Geschmackswahrnehmung und von traumhaftem Zustande, die mit einem Tumor des linken temporo-sphenoidealen Lappens in Zusammenhang gebracht wurden, mitgetheilt; doch war die Läsion zu ausgebreitet und zu unbestimmt, als dass dieser Fall präcise Schlüsse hätte gestatten können bezüglich der Lage des Geschmackscentrums.

---

[1]) Brain, Vol. IX, 1887, p. 385.

SECHSTE

VORLESUNG.



Meine Herren! Ich komme nun zur Betrachtung der physiologischen Bedeutung des Rolando'schen Rindengebietes beim Affen und Menschen und des homologen Feldes am Gehirne der niederen Säugethiere. Ich habe bereits früher im Einzelnen die Bewegungsacte beschrieben, die durch elektrische Reizung der verschiedenen Rindengebiete, einschliesslich der eben genannten, hervorgerufen werden können. Die Frage, in welcher Weise nun diese motorischen Acte aufzufassen sind, bildet den Gegenstand grosser Meinungsverschiedenheiten. Der bestimmte zweckmässige Charakter dieser Bewegungsarten jedoch, deren Uebereinstimmung mit den gewöhnlichen Willensbewegungen der Thiere, und vor allen Dingen die Gleichförmigkeit und deren schon von vornherein gegebene Zusammensetzung sind meiner Meinung nach sehr gut mit der Annahme in Einklang zu bringen, dass man es hiebei mit den wahren Kennzeichen functioneller Reizung von Centren, von denen direct die Anregung zu Willensbewegungen ausgeht, zu thun hat, und dass in anatomischer Beziehung jene Rindenfelder einen Theil des motorischen Apparates bilden.

Durch Versuche an Affen wurde festgestellt — und jetzt wird dies auch so allgemein zugestanden, so dass eine nähere Beweisführung hierüber nicht nothwendig ist —, dass Zerstörung der Centra, durch deren Reizung bestimmte Bewegungsacte hervorgerufen werden, Aufhebung derselben Bewegungen auf der entgegengesetzten Körperseite nach sich zieht, wobei selbstverständlich entsprechend der Ausbreitung der Zerstörung der diesbezüglichen Centra der Grad, die Vollkommenheit und die Dauer der Lähmung verschiedenartig sich gestaltet. Ist die Zerstörung eine vollständige, dann ist auch die Lähmung eine andauernde, die in bestimmter Zeit von absteigender Degeneration der Pyramidenbahnen des Rückemarkes und secundärer Contractur der gelähmten Glieder gefolgt wird. Als Erläuterung citire ich das folgende an einem Affen vorgenommene Experiment. Der Versuchsaffe wurde dem internationalen medicinischen Congresse in London im Jahre 1881, acht Monate nach der Operation, vorgestellt.

Wie Fig. 33 zeigt, war die Hirnrinde in der linken Hemisphäre auf einem Gebiete zerstört, welches die aufsteigenden Stirn- und Parietalwindungen, mit Ausnahme der oberen und unteren Endstücke derselben, umfasst. Die Läsion nahm auch die Basis der oberen Stirnwindung und den vorderen Ast des Gyrus angularis in Anspruch. Es war somit fast das ganze motorische Feld der convexen Oberfläche der Hemisphäre zerstört; die Rindenfelder für das Bein, den Fuss und den Stamm waren nur theilweise vernichtet; die Rindenfelder für die Muskeln des Mundwinkels und der Zunge entgingen fast vollständig der Zerstörung. Die Folge dieser Läsion bestand in nahezu vollständiger rechtsseitiger Hemiplegie mit conjugirter Deviation des Kopfes und der Augen nach der linken Seite. Wie in ähnlichen Fällen beim Menschen war auch hier

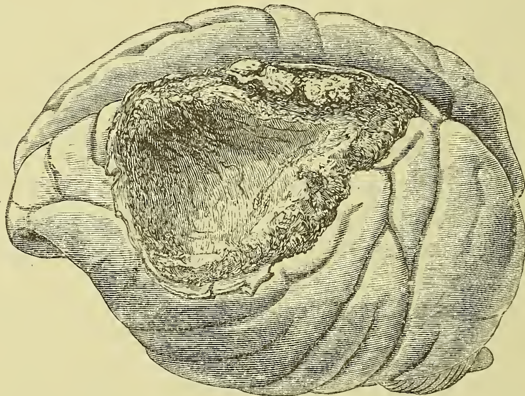
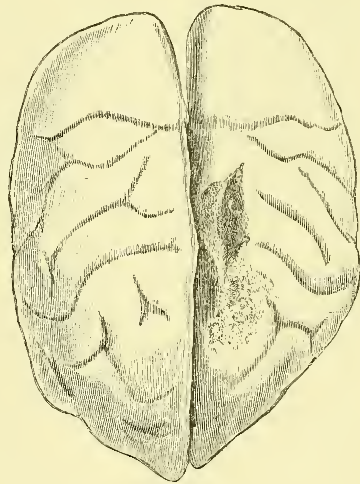


Fig. 33.

die Deviation des Kopfes und der Augen nur von verhältnissmässig kurzer Dauer und auch die partielle Facialislähmung, die anfangs ganz deutlich hervortrat, verschwand in vierzehn Tagen; doch die Lähmung der Gliedmaassen blieb in ausgeprägter Weise bestehen. Mit Ausnahme einer leichten Beweglichkeit im Knie- und im Hüftgelenke war die rechte Unterextremität gelähmt, und mit dem rechten Arme konnten keine Willkürbewegungen vorgenommen werden; nur gelegentlich, wenn das Versuchsthier sich viele Mühe gab, brachte es associirte Bewegungen mit der rechten Hand zuwege, jedoch nur, wenn dieselben Bewegungsacte zuerst mit der linken Hand ausgeführt wurden. Greifbewegungen konnte das Thier gar nicht ausführen. Die cutane Sensibilität war überall unversehrt. Die leiseste Berührung erregte die Aufmerksamkeit des Thieres und Kneifen oder andere schmerzhafte Reize riefen in gleich lebhafter Weise, wie auf der anderen Seite, Zeichen von Empfindung hervor. Derartig war das Verhalten des Thieres, als es im internationalen medicini-

schen Congresse vorgestellt wurde, und war auch zu jener Zeit die Contractur der gelähmten Glieder neben gesteigerten Sehnenreflexen sehr gut ausgeprägt, wie es sonst in Fällen unheilbarer cerebraler Hemiplegie beim Menschen der Fall zu sein pflegt.

Die Untersuchung des Gehirnes des Versuchsthieres wurde von einem aus der Physiologischen Section gewählten Comité vorgenommen, und von demselben auch die Lage der Läsion in der motorischen Zone, deren Grenzen auf der Rinde und gegen die darunter liegenden Markfasern genau bestimmt. Auch die mikroscopische Untersuchung erwies das Vorhandensein von secundärer Degeneration in den Pyramidenbahnen der rechten Seite des Rückenmarkes bis zur Lumbar-Region des letzteren.


Fig. 34.

In dem durch Figur 34 erläuterten Falle zog die Läsion, welche in der linken Hemisphäre das obere Endstück der Fissura Rolando betraf, Lähmung des rechten Beines ohne Sensibilitätsstörung nach sich, worauf nach Ablauf der entsprechenden Zeitdauer Contractur der gelähmten Muskeln sich einstellte. Dieser Zustand blieb acht Monate lang unverändert, nach welcher Zeit das Versuchsthier getödtet worden ist. Auch in diesem Falle war absteigende Degeneration in den Markfasern der Corona radiata und in den Pyramidenbahnen der anderen Hälfte des Rückenmarkes bis in die Lumbalgegend des letzteren, von wo die motorischen Nerven der unteren Extremität hervorkommen, nachweisbar.

In einem anderen Versuche wurde die Hirnrinde in der Mitte der aufsteigenden Parietalwindung und im anliegenden Randgebiete der aufsteigenden Stirnwindung der rechten Hemisphäre zerstört, in Folge dessen fast vollständige Lähmung der linken Hand und Abschwächung der Beugebewegungen des Vorderarmes sich ergeben haben. Die Schulterbewegungen jedoch waren ungeschwächt; das Thier konnte seinen Arm nach vorwärts strecken, war aber nicht imstande, irgend etwas mit der Hand zu ergreifen. Die tactile Sensibilität war im gelähmten Gliede unversehrt, die leiseste Berührung desselben erregte sofort die Aufmerksamkeit des Thieres und ein schmerzhafter Reiz, wie Kneifen, oder Berührung mit einem heissen Drahte, erregte lebhafte Zeichen von Gefühlswahrnehmung in gleicher Weise, wie auf der anderen Seite. Im Wesentlichen blieb

dieser Zustand zwei Monate lang, die das Thier noch nach der Operation lebte, unverändert.

Einige ähnliche Experimente sind von Horsley und Schäfer[1]) mitgetheilt worden und deren Beobachtungen über die Functionen des Gyrus marginalis verdienen eine specielle Erwähnung. Zerstörung der Randwindung verursachte die Aufhebung derjenigen Bewegungsacte, welche mehr oder weniger unverändert erhalten bleiben nach Zerstörung der auf der convexen Hemisphärenfläche befindlichen Centra, nämlich Bewegungen des Stammes, der Hüftmuskeln, sowie auch einiger Schenkelmuskeln. Damit jedoch diese Bewegungen vollständig aufgehoben werden können, muss nothwendigerweise die Randwindung in beiden Hemisphären zerstört werden, nachdem es den Anschein hat, als ob die Stammesbewegungen derartig in beiden Randwindungen bilateral coordinirt sind, dass die Entfernung nur einer solchen nicht hinreicht, um einen deutlich ausgeprägten Effect auf der entgegengesetzten Seite zu erzielen. Werden jedoch beide Windungen entfernt, dann tritt absolute Lähmung der Stammesmuskeln ein. „Die Haltung und der allgemeine Eindruck eines Affen, bei welchem diese doppelte Läsion vorgenommen worden, sind sehr auffallend.“ Statt, entsprechend der normalen Haltung der Affen, mit ein wenig gekrümmtem Rücken dazusitzen, liegt ein derartig operirtes Thier ausgestreckt, mit dem Gesichte auf der Erde, Beine und Füsse sind gestreckt (oder zumeist nur die Oberschenkel gebeugt), der Rücken ist ganz flach, der Schwanz nicht gekrümmt und bewegungslos; die Arme sind vorgestreckt, um einen naheliegenden Gegenstand erfassen zu können. Der Kopf kann hiebei gedreht, sowie auch gebeugt und gestreckt werden, und die Gesichtsmuskeln erscheinen normal. Häufig stützt sich das Thier auf seinen Ellbogen, doch niemals nimmt er eine normale Haltung ein. Beabsichtigt das Thier sich aufzusetzen, so ist es dies nur dadurch imstande, dass es mittelst seiner Oberextremitäten, mit welchen es die Drahtstäbe des Käfigs, oder irgend ein benachbartes Object fasst, sich selbst in die sitzende Lage versetzt; wird jedoch dem Versuchsthiere die Stütze entzogen, dann fällt das Thier sofort nieder. Die Vorwärtsbewegung bewerkstelligt das Thier fast nur mittelst seiner Arme, indem es sich mit Hilfe derselben dahinschleppt, wobei nur die Hüftbeuger mithelfen; die Beine sind ganz schlaff und werden nachgeschleppt und die Zehen mit ihrer Dorsalfläche auf dem Boden hingezogen.“[2])

Ausser den Rumpfbewegungen gibt es noch andere, welche ebenfalls in jeder Hirnhemisphäre bilateral vertreten sind, und zwar die obere Facialisgegend, sowie auch die Kehlkopfmuskulatur. Einseitige Zerstörung dieser Bewegungscentra verursacht daher keine, oder eine kaum merkliche

[1]) Phil. Transact., B. 20, 1888.

[2]) Siehe die Illustration, Fig. 20, l. c.

motorische Abschwächung, und es müssen auf beiden Seiten die Centra zerstört werden, um eine Paralyse zu erzielen. Von Krause wurde es an Hunden und von Horsley und Semon an Affen gezeigt, dass einseitige Zerstörung der Kehlkopfcentren kaum merkbar die Adduction der Stimmbänder vermindert, während die Phonation willentlich gar nicht zu Stande kömmt, wenn die Centra auf beiden Seiten zerstört worden sind.

Nach den Untersuchungen von Frank und Pitres[1]), von Exner[2]), Lewaschew[3]) und Sherrington[4]) scheint es, als ob diejenigen Bewegungsacte, welche nicht primär in jeder Hirnhemisphäre bilateral repräsentirt sind, durch Commissurenfasern, welche die bulbären und spinalen Kerne unter einander verknüpfen, secundär associirt sind, was auch mit einer ursprünglich von Broadbent aufgestellten Hypothese in Einklang steht. Obgleich eine mässige Reizung der corticalen Beincentren regelmässig nur Bewegungen auf der entgegengesetzten Seite hervorruft, so kommt es nicht gar so selten vor, dass, wenn die Reizung verstärkt wird, Bewegungen in beiden Gliedmaassen hervorgerufen werden; doch sind dieselben auf der entgegengesetzten Seite mehr ausgeprägt als auf der gleichen. Beim Affen, sowie auch beim Menschen findet man nicht selten absteigende Degeneration in beiden Seitensträngen nach einseitigen corticalen Läsionen.

Nach den neueren Untersuchungen von Sherrington tritt, wenn die corticalen Läsionen nur die Beincentra befallen, keine bilaterale Degeneration auf, wenigstens nicht in merklicher Ausdehnung; doch ist dieselbe sehr ausgeprägt bei Läsionen der Randwindung. Auf derselben Seite ist die Degeneration auf die Pyramidenbahnen bis zur Kreuzung derselben beschränkt, im Rückenmark jedoch ist die Degeneration beiderseitig. Bei Läsion des entschieden bilateral repräsentirten Larynxcentrums ist die Degeneration in beiden Pyramidenbahnen deutlich nachweisbar. Diese Thatsachen, sowie auch klinische Beobachtungen beim Menschen thun dar, dass sogar bezüglich der Extremitäten jede Hemisphäre beide Körperseiten repräsentirt, jedoch hauptsächlich die entgegengesetzte und auf eine gewisse Ausdehnung auch die gleiche Seite.

Es wurde zuerst von Brown-Sequard darauf hingewiesen — und dessen Beobachtungen wurden auch von Pitres[5]) und Friedländer[6]) bestätigt —, dass Läsionen, welche Hemiplegie auf der entgegengesetzten Seite nach sich ziehen, auch auf derselben Seite eine Herabsetzung der

[1]) Leçons sur les Fonctions Motrices du Cerveau, 1887.

[2]) Sitzungsb. d. Wiener Akademie, 3. Abth., pp. 185—190, 1881.

[3]) Archiv f. Physiologie, Bd. 36.

[4]) Journal of Physiology, Nr. 4, 5 und 6; und Brit. Med.-Journal, January 4th, 1890.

[5]) Archives de Neurologie, Nr. 10, 1882.

[6]) Neurologisches Centralblatt, Nr. 11, 1883.

Bewegungsenergie der Extremitäten zur Folge haben. Dies ergibt sich aber nur dann, wenn thatsächlich jede Hemisphäre zu beiden Körperseiten in Beziehung steht.

Die bilateralen Beziehungen einer jeden Hemisphäre, die in einer gewissen Ausdehnung bei Affen und beim Menschen vorkommen, sind, wie wir sehen werden, noch mehr ausgeprägt bei Hunden und den niederen Thieren, und insbesonders bei Hunden ist, wie Sherrington angibt, bilaterale Degeneration in Folge unilateraler corticaler Läsion häufiger als anderswo anzutreffen. Durch die bilaterale Vertretung wird ein gewisser Grad von Besserung ermöglicht, auch wenn die motorischen Centra einer Hemisphäre sogar vollständig zerstört worden sind, und diese Besserung erstreckt sich insbesonders auf jene Bewegungsacte der Extremitäten, welche mehr oder minder mit denjenigen der anderen Seite associirt sind, und am wenigsten von allen betrifft die Besserung diejenigen Bewegungsarten, welche unabhängig und mehr willkürlich zu Stande kommen. Daher kommt es, dass bei corticaler Lähmung die obere Extremität mehr gelähmt ist, als das Bein und die distalen Bewegungen des Armes mehr als die proximalen. Diese Thatsachen sind in Anbetracht der Hypothese von dem functionellen Ersatz zerstörter Rindencentra durch benachbarte oder andere Theile der gleichen Hirnhemisphäre von grosser Wichtigkeit. Es ist jetzt ganz ausser Frage gestellt, dass beim Menschen corticale Läsionen der motorischen Zone, falls dieselben derartig sind, dass thatsächlich die graue Substanz der bezüglichen Centra zerstört worden und nicht bloss seitwärts geschoben ist, unter allen Umständen Lähmung der Willkürbewegung in den zugehörigen Theilen nach sich ziehen. Derartig waren die Ergebnisse nicht nur nach destructiven Läsionen in Krankheitsfällen, sondern auch nach chirurgischen Excisionen der corticalen Centra. Es erfolgt nicht nur allgemeine Hemiplegie nach Verletzung des gesammten Rolando'schen Gebietes, sondern auch begrenzte Läsionen ziehen bestimmte Lähmungen nach sich, oder Monoplegien, wie diejenige des Gesichtes, des Armes, des Beines, in ganz präciser Uebereinstimmung mit den Ergebnissen der Experimente an Affen.

In meinen Vorlesungen über Localisation der Gehirnkrankheiten, die ich vor zwölf Jahren in diesem Collegium zu halten die Ehre hatte, brachte ich Ihnen eine Anzahl aus verschiedenen Quellen gesammelter Fälle vor zur Stütze dieser Lehrsätze. Seit damals sind viele andere mitgetheilt worden, welche dasselbe bestätigen, und jetzt hält man diesen Gegenstand für so vollständig erledigt, dass die Kliniker einschlägige Beobachtungen zu veröffentlichen für überflüssig halten.

Von 483 Fällen corticaler (einschliesslich subcorticaler) Affection, die unter meiner Leitung von Dr. Ewens gesammelt worden sind, wobei regelmässig Fälle von Tumoren und jene Läsionen, die Fernwirkungen

hervorrufen, ausgeschlossen wurden, gab es über 110 Fälle mit Hemiplegie der entgegengesetzten Seite in Folge von allgemeiner Läsion der Rolando'schen Zone, und über 90 Fälle mit Monoplegie nach umschriebenen Läsionen in dieser Zone; hievon kamen 11 Fälle auf die Cruralmonoplegie nach Affection des Lobus paracentralis, 15 Fälle gab es mit Lähmung des Armes und Beines in Folge von Affection des Lobus paracentralis und des oberen Drittheiles der aufsteigenden Windungen; 33 Fälle mit brachialer Monoplegie — einschliesslich 3 Fälle nach chirurgischen Eingriffen — in Folge von Läsion der mittleren und aufsteigenden Windungen; 19 Fälle kamen vor mit Lähmung des Armes und des Gesichtes nach Läsionen der unteren Hälfte der Rolando'schen Zone, und 10 Fälle mit Facialislähmung in Folge von Affection des unteren Drittels dieser Region. Ausser diesen habe ich noch Berichte über 20 Fälle von Atrophie der Rinde in der Rolando'schen Zone in Zusammenhang mit congenitaler, oder infantiler Hemiplegie, oder als die Folge congenitalen Defectes, oder einer vor langer Zeit vorgenommenen Amputation einer Extremität.

Beim Affen und Menschen ist somit die functionelle Compensation nach Läsionen, die zur Lähmung führen, nicht ganz evident, ausser insofern als dieselbe in der bilateralen Beziehung einer jeden Hirnhemisphäre ihre Erklärung findet. Die Theorie von der Compensation durch andere Stellen derselben Hemisphäre wurde insbesonders für specielle Fälle geltend gemacht, um hiedurch die vollständige Wiederherstellung nach vollständiger unilateraler Zerstörung der motorischen Rindencentra bei Hunden und niederen Thieren erklären zu können. Doch ist dies eine Hypothese, welche mit den Principien der Localisation, die von jenen, welche dieselbe geltend machen, im Uebrigen festgehalten werden, nicht vereinbar ist, und deren Aufstellung überdies gar nicht nothwendig erscheint. Obgleich Hunde nach Bewegungsstörungen, welche nach einseitiger Zerstörung der motorischen Centra sofort unverkennbar auftreten, sich zu erholen scheinen, so ist in der That die Wiederherstellung dennoch keine vollständige. Nur diejenigen Bewegungsformen sind fortdauernd gestört, welche am wenigsten automatisch und zumeist willkürlicher Art sind; während diejenigen Bewegungsacte, die zumeist automatisch und fast gar nicht willentlich sind, wie diejenigen, welche das Stehen und die coordinirte Fortbewegung ermöglichen, und welche, wie wir in der ersten Vorlesung erwähnt haben, bei einigen Thieren sogar nach vollkommener Zerstörung beider Hemisphären erhalten bleiben, verhältnissmässig wenig abgeschwächt sind. Am meisten aber sind die Greifbewegungen der Vorderextremität gehemmt.

Nach den früheren von Goltz an Hunden vorgenommenen Versuchen schien es, dass der Gebrauch des Vorderbeines als Hand, wie beim

Reichen der Pfote, oder beim Halten eines Knochens, um denselben zu benagen, permanent aufgehoben war nach Zerstörung der motorischen Centren der entgegengesetzten Hemisphäre. Doch in seiner neuesten interessanten Mittheilung[1]) hat derselbe gezeigt, dass sich dies nicht so genau verhält. Er gibt die genauen Details über einen Hund, bei welchem die gesammte linke Hemisphäre zerstört worden war, und der noch fünfzehn Monate darnach lebte. Bei diesem Versuchsthiere waren die Bewegungen der rechtsseitigen Gliedmaassen, so weit die ersteren an dem Zustandekommen des Stehens und an der Fortbewegung betheiligt sind, so wenig afficirt — wenn auch dieselben nicht ganz normal waren —, dass einer oberflächlichen Beobachtung der Defect ganz und gar entgehen konnte. Es konnte wohl mit der rechten Pfote, zum mindesten mit Unterstüzung der linken, einen Knochen festhalten, doch war es in dieser Beziehung ein wenig unbeholfen. Da der Hund nicht erlernt hatte „die Pfote geben," so konnte nicht ermittelt werden, ob dieses erlernte Kunststück vom Hunde auch producirt werden könne, obgleich Goltz der Meinung ist, dass wohl in seltenen Fällen ein Hund diesen Act auch auszuführen vermag nach tiefer und ausgebreiteter (doch wahrscheinlich nicht vollständiger) Zerstörung der motorischen Zone der entgegengesetzten Hemisphäre. Wie die Versuche von Goltz in klarer Weise darthun, hängt das Zustandekommen eines gewissen Grades unabhängigen oder vielmehr associirten willkürlichen Gebrauches der Extremitäten der entgegengesetzten Seite von der Unversehrtheit der motorischen Rindencentren der intacten Hemisphäre ab; denn, wenn dieselben auf beiden Seiten zerstört worden sind, dann sind auch alle streng willkürlichen Bewegungsarten für immer aufgehoben. Demgemäss sagt er auch: „Ein Hund, dessen beiderseitige motorische Centren zerstört worden sind, kann sich nicht selbst füttern; die Zungenbewegungen desselben sind bedeutend abgeschwächt, während dieselben bei einseitiger destructiver Läsion normal vor sich gehen. Das Versuchsthier kann wohl, wie schon erwähnt, noch gehen, doch in ungeschickter und unsicherer Weise. Alle den Handbewegungen ähnlichen Bewegungen der Pfoten scheinen gar nicht ausführbar zu sein" [2]). Diese motorische Lähmung kommt nach symmetrischer Zerstörung der motorischen Centra in beiden Hemisphären zustande; denn, wenn auch die motorischen Rindenfelder auf der einen und die occipitalen auf der anderen Seite zerstört sind, ist der Hund noch im Stande zu essen und zu trinken und seine Zunge zu bewegen; er kann ganz gut herumgehen und rennen und sehr gut seine Vorderpfoten gebrauchen, um einen Knochen, den er benagt, festzuhalten. Was bezüglich der bilateralen Vertretung der motorischen Functionen in jeder Hirnhemisphäre gilt, das

[1]) Archiv f. Physiologie, Vol. XLII, 1888.

[2]) l. c. p. 448.

scheint auch hinsichtlich der allgemeinen und speciellen Sinnesfunctionen Geltung zu haben.

Abgesehen von der motorischen Paralyse konnte ich nach Zerstörung der motorischen Centra nie die geringste Abnahme specieller, oder tactiler und allgemeiner Sensibilität nachweisen. Man mag wohl hie und da Mangel oder Abschwächung der Reaction der gelähmten Glieder auf sensorische Reizung beobachten; dass aber dies Verhalten nicht von mangelhafter Gefühlswahrnehmung abhängt, wird durch die Thatsache bewiesen, dass durch die leiseste Berührung auf der gelähmten Seite die Aufmerksamkeit des Thieres sofort erregt wird, und dasselbe Zeichen des Unbehagens zu erkennen gibt, wenn irgend eine Gegend durch Nadelstiche einen schmerzhaften Reiz empfängt. Der Contrast zwischen den Reactionen nach sensorischer Reizung bei Affen, bei welchen der Lobus falciformis und jenen, die bei Affen nach Zerstörung der motorischen Centra auftreten, ist so auffallend, dass man nicht zweifeln kann, dass im letzteren Falle die Sensibilität erhalten, und im ersteren aufgehoben, oder bedeutend herabgesetzt ist. Auch Horsley und Schäfer waren ebenfalls nicht im Stande, den Verlust allgemeiner Sensibilität nach Zerstörung der motorischen Centra nachzuweisen.

„Wir haben uns, so geben dieselben an, „hinlänglich überzeugen können, dass eine Rindenläsion, welche Lähmung der Willkürbewegung in einem Körpertheile nach sich zieht, nicht nothwendig auch von Verlust allgemeiner Sensibilität des gelähmten Theiles gefolgt ist“ [1]). Um die Richtigkeit der Hypothese, die von Einigen aufgestellt worden ist — dass die oberflächlichen Zellen der motorischen Rinde sensorischer Natur seien — zu prüfen, zerstörten dieselben in einem Falle die oberflächlichen Lagen der grauen Substanz mittelst des Cauteriums. „Ungeachtet der auf diese Weise hervorgerufenen gänzlichen Verstopfung der oberflächlichen Gefässe erhielten wir nur eine unvollständige Muskellähmung als das unmittelbare Ergebnis der Operation; obgleich aber die oberflächlichen Rindenschichten zerstört waren, so war dennoch keine Sensibilitätsstörung in den von der Parese befallenen Theilen nachweisbar. Die nachfolgende Erweichung und der Zerfall, welche in Folge der durch die Aetzung hervorgerufenen Thrombosen entstanden, zogen nur einen viel bedeutenderen Lähmungsgrad nach sich als sonst; doch die allgemeine Sensibilität der entgegengesetzten Seite war ganz deutlich unversehrt und blieb es auch bis zum Tode des Thieres.“ [2]) Von den von Goltz an Hunden vorgenommenen Versuchen [3]) zeigte auch einer ganz klar, dass Zerstörung der motorischen Rindenzone die Sensibilität der entgegengesetzten Seite nicht

[1]) l. c. p. 15.
[2]) l. c., p. 17.
[3]) Pflüger's Archiv, Bd. 34, 1884, p. 465.

herabsetzt. In Verwerthung der wohlbekannten Thatsache, dass Hunde bei Berührung während des Essens knurren, streichelte Goltz die rechte Seite eines in dieser Weise in Anspruch genommenen Hundes, welchem einige Zeit vorher die linken motorischen Rindencentra zerstört worden waren; stets liess das Thier bei leisester Berührung sofort die charakteristischen Zeichen des Missvergnügens erkennen. Dieselben Versuche wurden von Bechterew[1]) bei Katzen vorgenommen und die gleichen Thatsachen hiebei eruirt. „Es ist eine bekannte Beobachtung, dass einer Katze feuchte Füsse sehr unangenehm sind, so dass dieselbe wenn sie zufällig eine feuchte Stelle betritt, Halt macht und, bevor sie weitergeht, ihre Pfote abtrocknet; fällt auf eine Katze, die gerade schlummert, ein Tropfen Wasser nieder, erhebt sie sich sofort und läuft eilends davon; wird eine Pfote der Katze leise berührt, dann schliesst dieselbe ihre Augen und zieht die Ohren ein.“ Nachdem Bechterew an einer Katze, die zur Operation bestimmt war, die erwähnten Thatsachen bestätigt fand, entfernte er in der Gegend des Gyrus sigmoideus die Hirnrinde derselben. Nach dem Erwachen aus der Chloroform-Narkose liess das Thier die charakteristischen Bewegungsstörungen der rechten Gliedmaassen erkennen und war auch nicht im Stande, mit der rechten Pfote irgend eine Willkürbewegung auszuführen; doch bei Berührung des Ohres, oder der Sohle sowohl des rechten als auch des linken Fusses schloss das Thier seine Augen und zog die Ohren in gleicher Weise wie früher ein; wurde auf die gelähmte Seite Wasser geträufelt, so sprang das Thier auf und machte sich davon.

Von verschiedenen Experimentatoren, wie von Hitzig, Nothnagel, Schiff, Munk, Tripier, Goltz, Luciani u. a., wurde jedoch behauptet, dass die durch Zerstörung der sogenannten motorischen Centren hervorgerufene Affection begleitet, oder vielmehr in Zusammenhang zu bringen sei mit Störungen tactiler, musculärer, oder allgemeiner Sensibilität, oder gar mit Störungen aller drei Sensibilitätsarten in den gelähmten Extremitäten.

Meine eigenen Experimente und diejenigen von Horsley und Schäfer haben dargethan, dass nach Läsionen der motorischen Zone eine Abschwächung, oder gar ein Verlust tactiler oder allgemeiner Sensibilität nicht vorkommt, und will ich daher nicht näher die Beweisgründe prüfen, auf Grund deren die verschiedenen Autoren ihre Schlüsse gemacht haben. Es scheint, dass dieselben nur auf der mangelhaften Reaction nach sensorischer Reizung basirt sind, welch' erstere jedoch gut durch die Annahme bestehender motorischer Schwäche, wie auch durch das Vorhandensein sensorischer Defecte erklärt werden kann; übrigens können jene sensorischen Affectionen auch bedingt sein durch Zerstörung anderer

[1]) Pflüger's Archiv, Bd. 35, 1885, p. 137.

Rindenfelder, als durch diejenige der motorischen Rinde. Dies bezieht sich insbesonders auf die Experimente von Goltz, durch welche keine umschriebenen Läsionen auf einer oder auf beiden Hemisphären zustande-kamen. Es steht ganz ausser Frage, dass die beim Menschen nach Läsion der motorischen Zone auftretende Paralyse in der Mehrzahl der Fälle eine wesentlich motorische Affection und nicht vergesellschaftet ist mit einem nachweisbaren Defect tactiler, musculärer oder allgemeiner Sensibilität. Ich habe selbst mehrere Fälle veröffentlicht und ausserdem viele Fälle von Läsion der motorischen Zone mit motorischer Lähmung gesammelt, bei welchen jede Art von Sensibilität sorgfältig geprüft und deren normales Verhalten constatirt worden ist. Doch wurde auch in sehr vielen Fällen von Läsion der motorischen Zone ein gewisser Grad von allgemeiner, oder beschränkter Abnahme tactiler und musculärer Sensibilität beobachtet. Mehrere Autoren, wie Petrina[1]), Exner[2]), Luciani und Seppili[3]), Starr[4]), Dana[5]) Lisso[6]) haben auf Grund einschlägiger klinischer Ergebnisse zu zeigen sich bemüht, dass die motorischen Centra und die Centra der tactilen und allgemeinen Sensibilität derartig zusammenfallen, dass sensorische Störungen wenigstens häufig, wenn nicht immer, die motorische Paralyse begleiten; doch erscheinen mir die Angaben, auf deren Grundlage diese Schlüsse gemacht worden sind, in sehr hohem Grade unzulänglich zu sein; die Läsionsstellen waren von mikroscopischer Feinheit und an und für sich nicht ausreichend, irgend ein pathologisches Symptom nach sich zu ziehen; meistentheils lagen aber Geschwülste vor, durch welche alles Mögliche zu Stande kommen kann, oder multiple Krankheitsherde, die nicht auf den Cortex allein beschränkt waren. Ein ursächlicher Zusammenhang wird nicht erbracht, ausser dass man sich bemüht, eine unveränderliche und absolute Beziehung zwischen einer einzelnen Läsion und einem einzelnen Symptome aufzustellen. Betreffs des motorischen Rindenfeldes wurde zur Genüge gezeigt, dass destructive Läsionen stets nur motorische Lähmung, local oder allgemein, entsprechend der Lage und der Ausdehnung der Läsion nach sich ziehen. Ein einziger Fall von Lähmung infolge einer Läsion des motorischen Rindengebietes ohne Begleiterscheinung irgend einer Sensibilitätsstörung reicht somit aus, um eine ganze Reihe positiver Fälle, bei welchen beide Symptome anscheinend infolge der gleichen Läsion zu Stande gekommen sind, als Argument umzustossen. Abgesehen jedoch von allen anderen Betrach-

[1]) Sensibilitätsstörungen bei Hirnrindenläsionen, Zeitschr. f. Heilkunde, Bd. II. p. 375, 1881.

[2]) Localisation der Functionen in der Grosshirnrinde des Menschen, 1881

[3]) Die Functionslocalisation auf der Grosshirnrinde, 1886.

[4]) Localised Cerebral Disease, Amer. Journ. Med. Sc. 1884.

[5]) Cortical Localisation of Cutaneous Sensations, 1888.

[6]) Zur Lehre von der Localisation des Gefühls in der Grosshirnrinde, 1882.

tungen, so fällt eine kritische Prüfung aller diesbezüglichen klinischen Mittheilungen, mit Ausschluss der Fälle von Tumoren und ähnlichen Läsionen, die nebenbei weit ausgebreitete und unbestimmte Störungen anderer Gebiete nach sich ziehen, ganz bestimmt nicht zu Gunsten der Schlussfolgerungen aus, zu welchen die oben erwähnten Autoren auf Grund ihrer Beweisführung gelangt sind. Denn von 110 Fällen allgemeiner Läsion der Rolando'schen Zone mit nachfolgender Hemiplegie war bei 52 Fällen die Sensibilität unversehrt (in einem Falle war sogar ein grosser Theil der motorischen Rinde ausgeschnitten).[1]) In 37 Fällen geschah des Verhaltens der Sensibilität gar keine Erwähnung, während bei 21 Fällen eine Abnahme derselben notirt wird. Doch in einem dieser letzteren Fälle wird angegeben, dass die Sensibilität des kleinen Fingers abgestumpft war[2]); in einem anderen bestand allgemeine Hyperästhesie, die auf der gelähmten Seite mehr ausgeprägt war. In einem Falle waren alle Sensibilitätsarten unversehrt erhalten, jedoch das Vermögen die Berührung zu localisiren ein wenig mangelhaft[3]); in letzterem Falle aber war die innere Tafel der Hirnschale in die Gehirnsubstanz eingetrieben und verursachte totale halbseitige Lähmung.

In zwei Fällen drang die Läsion tief in die weisse Substanz ein. In einem Falle war die Rindenläsion complicirt durch die Gegenwart eines grossen Tumors im Centrum ovale[4]); einmal war die Sensibilität auf beiden Körperseiten abgestumpft; ein anderesmal wieder[5]) befand sich in beiden Centralwindungen eine grosse hämorrhagische Cyste. In letzterem und in fünf anderen Fällen war die Reil'sche Insel, oder die äussere Kapsel in die Läsion mit einbezogen. Einmal war Hemiplegie von Anästhesie und Formication des gelähmten Fusses begleitet; in diesem Falle gab es tuberculöse Ablagerungen, die in gleicher Weise den Gyrus fornicatus wie die Centralwindungen besetzten. In sieben anderen Fällen war diffuse Meningo-Encephalitis, oder tuberculöse Meningitis vorhanden.

In zehn Fällen von cruraler Monoplegie infolge von Läsion des Lobus paracentralis war die cutane Sensibilität sechsmal unversehrt, zweimal wurde deren Verhalten nicht notirt, und in zwei dieser Fälle war dieselbe gestört; in dem einen[6]) war die Schmerzempfindung in dem gelähmten Gliede etwas vermindert, doch den nächsten Tag war davon nichts mehr nachweisbar; in dem anderen Falle[7]) wurde das Bein infolge vorangegangener Anästhesie grangränös.

[1]) Fall von J. H., Brain, vol. X, p. 95.
[2]) Tripier, Rev. Mens. 1880, 4. Fall.
[3]) Bramwell's Fall, Brit. Med. Journ. 28. August, 1875.
[4]) Seguin's Fall, Trans. Amer. Neurolog. Assoc. 1877, p. 115.
[5]) Starr's Fall, Amer. Journ. Med. Sciences, July, 1884.
[6]) Gougenheim, Soc. Med. des Hôpitaux, 1878, p. 48.
[7]) Ballet, Archives de Neurologie, Tome V, p. 281.

Bei fünfzehn Fällen von Arm- und Beinlähmung nach Läsion des Lobus paracentralis und des oberen Drittels der aufsteigenden Windungen war die Sensibilität fünfmal intact, in sechs Fällen war hierüber nichts notirt und viermal war dieselbe afficirt. In drei von diesen Fällen war der Lobus paracentralis tief geschädigt und in einem derselben bildete letzterer eine tuberculöse Masse; aber nur einmal war die Anästhesie gut ausgeprägt und blieb permanent. In all' diesen vier Fällen war die Läsion in unmittelbarer Nähe des Gyrus fornicatus, der in dem einen oder anderen Falle auch in Mitleidenschaft gezogen war. In einem von mir behandelten Falle[1]) von traumatischer Narbenbildung an dem oberen Drittel der aufsteigenden Stirnwindung zog die Excision dieser Stelle Verlust der tactilen Sensibilität der zwei distalen Phalangen und die Unfähigkeit nach sich, die Lage der Finger derselben Hand genau zu bestimmen. Diese Abschwächung der Sensibilität verschwand zuletzt, während die motorische Lähmung wie Anfangs erhalten blieb. In diesem Falle wurde durch die Läsion auch der Gyrus fornicatus geschädigt.

Von 35 Fällen brachialer Monoplegie gab es fünf, wo Theile der Hirnrinde excidirt worden sind behufs Heilung focaler Epilepsie. In zwei von Bergmann[2]) und Keen[3]) mitgetheilten Fällen war die Empfindung ganz unversehrt. In einem anderen von Keen[4]) ebenfalls publicirten Falle von Hemiplegie und Epilepsie nach einer Schädelinfraction war nach der Operation eine leichte Abschwächung der Sensibilität in der Mitte des Vorderarmes und der zwei inneren Finger nachweisbar. Doch war dieses Verhalten der Sensibilität demjenigen vor der Operation ganz gleich. In einem anderen[5]) war keine deutliche Abnahme der tactilen, oder der musculären Sensibilität vorhanden. Der Patient konnte infolge des Unvermögens seine Finger zu bewegen die Form der Gegenstände nicht unterscheiden. In einem fünften Falle[6]) zog die Entfernung eines Tumors von der rechten unteren Parietalgegend, der Epilepsie zur Folge hatte, tactile Anästhesie der ganzen linken Seite mit gleichzeitigem Verluste des sogenannten Muskelsinnes im linken Arm nach sich. In diesem Falle waren die sensorischen Bahnen für die ganze entgegengesetzte Körperseite unverkennbar afficirt. Von den anderen dreissig Fällen war in zwölf Fällen die Sensibilität intact, bei fünfzehn war hierüber nichts erwähnt und bei dreien war dieselbe afficirt. In einem dieser Fälle lag ein

---

[1]) Fall von J. B. Brain, vol. X., p. 26.
[2]) Arch. f. klin. Chirurg., p. 864, 1887.
[3]) Amer. Journ. Med. Sc., 1888, 3. Fall.
[4]) Ibid. 2. Fall.
[5]) Fall von Lloyd und Deaver, Amer. Journ. Med. Sc., 1888, p. 477.
[6]) Jackson und Horsley, Brain, vol. X., p. 93.

Gumma[1]) vor; in dem zweiten[2]) wurde die Reil'sche Insel von einem Blutklumpen comprimirt; in dem dritten Fall soll die Sensibilität über der ganzen Körperfläche erloschen gewesen sein[3]).

Unter neunzehn Fällen mit Läsionen der unteren Hälfte der Rolandoschen Zone und consecutiver Lähmung des Gesichtes und Armes war elfmal die Sensibilität unversehrt, fünfmal wurde hierüber nichts erwähnt und in drei Fällen war die Sensibilität gestört. In einem dieser Fälle[4]) jedoch wurden durch einen Blutklumpen in der Reil'schen Insel die darunter liegenden Windungen gedrückt. In einem anderen von demselben Autor publicirten Falle[5]) wurde in der Broca'schen Windung ein hanfkorngrosser Tuberkel gefunden und damit die Lähmung der rechten Gesichtsseite und die Anästhesie der rechten Rumpfhälfte in Zusammenhang gebracht. Der dritte von Petrina mitgetheilte Fall war dem zweiten ähnlich. In zehn Fällen von Läsion des unteren Drittels der Rolando'schen Zone mit consecutiver einfacher Facialislähmung war die Sensibilität viermal intact, fünfmal war hierüber nichts notirt, und einmal war dieselbe gestört. In diesem Falle[6]) soll Anästhesie des Gesichtes und des halben Rumpfes bestanden haben.

Es ergibt sich somit, dass von 284 Fällen mit allgemeiner oder theilweiser Läsion der Rolando'schen Zone in 100 Fällen des Verhaltens der Sensibilität keine Erwähnung geschah, in 121 Intactheit der Sensibilität, und dies zumeist von sehr verlässlichen klinischen Beobachtern, constatirt, und bei vielen derselben[7]) ausdrücklich bemerkt wurde, dass alle Formen der Sensibilität genau geprüft worden sind. In den übrigen Fällen vermisst man die nöthigen Angaben über das Verhalten der ver-

[1]) Martin, Chicago Med. Journ. vol. 46, p. 21.

[2]) Wood, Phil. Med. Times, Vol. V. p. 470.

[3]) Ringrose Atkins, Brit. Med. Journal, 1878.

[4]) Petrina, Zeitschr. f. Heilkunde, vol. XI., 1881 1. Fall.

[5]) Ibid. 6. Fall.

[6]) Petrina, sup. cit. 3. Fall.

[7]) Mills (Trans. Amer. Cong. of Phys. etc., 1888, p. 269 (ref. im Brain, Oct. 1889); Delépine (Trans Path. Soc., 1889); Ferrier (Brain, April 1883, p. 67); Moutard-Martin (Bull. Soc. Anat., 1876, p. 706); Laquer (Inaug. Dissert. Breslau, p. 91, 10. Fall); Mills (University Med. Mag., Nov. 1889); Ferrier (Brain, vol. X., p. 95.); Raymond und Derignac (Gaz Méd. 1882, p. 665); von Bergmann (Arch. f. klin. Chirurg. 1887, p. 864); Davy und Bennet (Brain, vol. IX., p. 74); Ballet (Arch. de Neurol., vol. V, p. 275 1. Fall) Lloyd und Deaver (Amer. Journ. Med. Sciences, vol. 96, p. 477); Keen (Cerebral Surgery, Amer. Journ. Med. Sciences, 1888, 3. Fall). Zu diesen Fällen kann man noch solche von Hemiplegie mit Aphasie (ohne Post-mortem-Untersuchung), deren Symptome auf eine corticale Läsion hinwiesen, hinzurechnen. In einem jüngst unter meiner Behandlung in King's College Hospital gestandenen Falle von absoluter Lähmung des rechten Armes im Verein mit Wortblindheit und Worttaubheit nahm die Patientin die leiseste Berührung an der gelähmten Hand wahr und empfand es auch, so

schiedenen Sensibilitätsformen und über die Methoden des Nachweises derselben. Bei 63 Fällen wurde eine geringe Abnahme der Sensibilität nachgewiesen, wobei in 28 dazu gehörigen Fällen die Läsion auf die Rolando'sche Zone nicht beschränkt war, sondern auch die anliegenden Lappen, insbesonders den parietalen, befallen hatte. Die übrigen 35 Fälle wurden bereits erörtert, und es zeigte sich, dass wenigstens in der Mehrzahl derselben derartige Bedingungen vorhanden waren, dass entweder auf eine Mitbetheiligung des Gyrus fornicatus, oder des sensorischen Bündels der inneren Kapsel geschlossen werden konnte. Sogar dort, wo das Vorkommen jener Bedingungen nicht nachgewiesen werden konnte — und ich gebe ungezwungen zu, dass es derartige Fälle gibt —, ist es vernünftiger anzunehmen, dass jene dennoch bestanden haben, als zu behaupten, dass bei manchen Individuen die tactilen und motorischen Centren coincidiren, während dies bei anderen nicht der Fall sein sollte. Ich halte nicht dafür, dass die sensorische Aura, welche gelegentlich einem localisirten epileptischen Spasmus vorangeht, oder denselben begleitet, als Beweis für die Coincidenz des motorischen und sensorischen Rindengebietes gelten kann. Es kann wol in solchen Fällen von functioneller oder anatomischer Contiguität, aber durchaus nicht von Coincidenz die Rede sein. Trotz äusserst sorgfältiger Untersuchung in einer grossen Zahl von Fällen konnte nicht die geringste Abnahme irgend einer der Formen allgemeiner Sensibilität eruirt werden, während die motorische Affection den ausgeprägtesten Charakter stets an sich getragen hat. Es besteht somit keinerlei Beziehung zwischen dem Grade der Sensibilitätsstörung und demjenigen motorischer Lähmung. So kam absolute Lähmung vor, während die Sensibilitätsstörung nur leicht war und bloss auf einen oder höchstens zwei oder drei Finger beschränkt blieb; es kann die motorische Lähmung begrenzt sein, während die Abschwächung der tactilen Sensibilität eine allgemeine ist. In anderen Fällen wiederum wurde gleich Anfangs die Störung tactiler Sensibilität beobachtet, verschwand aber später ganz, während die motorische Lähmung zurückgeblieben ist. Und wenn wir überdies noch die Thatsache in Betracht ziehen, dass tactile und musculäre Sensibilität bei Mangel motorischer Lähmung schwinden kann, ein Verhalten, welches man bei Affen durch Läsionen des Lobus falciformis experimentell hervorrufen kann, so haben wir einen weiteren Beweis dafür, dass die motorischen und sensorischen Centren der Hirnrinde anatomisch von einander getrennt sind, und können wir somit irgend einem Defect tactiler, oder musculärer Sen-

---

oft ein Tropfen warmen oder kalten Wassers auf letztere fiel; bei verbundenen Augen war Patientin imstande ihre linke Hand dorthin zu legen, wohin immer auch der gelähmte Arm gebracht wurde. Es ist dies eine Prüfungsmethode des Lagegefühls in Fällen von Aphasie und bei Unkenntnis der Sprache; auch bei niederen Thieren ist diese Methode verwertbar.

sibilität motorische Lähmung nicht als Attribut beilegen. Das Vorkommen von leichten, und insbesonders die Finger betreffenden Störungen der tactilen und musculären Sensibilität, welche von Mehreren als specielles Merkmal der Läsionen der motorischen Rindenzone hingestellt wurden, sind meiner Meinung nach eher als der Beginn, oder der Rest einer allgemeinen Hemianästhesie anzusehen, denn als ein Beweis für das Vorhandensein specieller Centra für die tactile und musculäre Sensibilität der Finger in der motorischen Hirnrinde anzusehen.

Zur Erläuterung all' des Vorgebrachten seien die Einzelheiten des folgenden Falles erwähnt. Die Patientin stand im Alter von 50 Jahren und litt an Wortblindheit und einem leichten Grade rechtsseitiger Hemiopie, was mich in Berücksichtigung noch weiterer Symptome zur Diagnose eines Tumors in der Gegend des Gyrus angularis bestimmte. Motorische Lähmung war nicht vorhanden, doch war eine leichte Abnahme des Vermögens, Berührungsstellen zu localisiren, und vermindertes Lagegefühl der Finger der rechten Hand nachweisbar; Gesicht und Bein zeigten in dieser Hinsicht normales Verhalten. Behufs Beseitigung des Tumors wurde von Mr. Horsley eine Operation vorgenommen, doch fand man nach der Trepanation, dass der Tumor unter dem Gyrus angularis lag und nicht ohne Gefahr entfernt werden konnte. Im vorliegenden Falle waren zweifellos die sensorischen Bündel der inneren Kapsel, wenn auch in leichtem Grade ergriffen, in Folge dessen die Anästhesie nur auf die Finger beschränkt war. Wäre die Läsion der inneren Kapsel eine ausgebreitetere gewesen, so wäre unzweifelhaft Verlust der tactilen und musculären Sensibilität auf der ganzen entgegengesetzten Körperhälfte zustandegekommen.

Dieser Fall hat eine wichtige Stütze an der unter Anderen auch von Nothnagel[1]) aufgestellten Hypothese, dass die Centra des Muskelsinnes im Lobus parietalis liegen. Defecte tactiler Sensibilität und mangelhaftes Lagegefühl der Glieder wurden nicht gar so selten im Vereine mit Läsionen dieser Gegend beobachtet, und waren diese Symptome manchmal vergesellschaftet mit Hemiopie, sobald die Läsionen auch die occipito-angulare Gegend ergriffen hatten, wie es in dem obigen und in einem von Westphal[2]) mitgetheilten Falle vorkam. Doch halte ich für die wirkliche Ursache dieser Symptome das Mitergriffensein der sensorischen Bündel der inneren Kapsel, die sich unter dieser Gegend befindet, und nicht die Läsion der Hirnrinde selbst; denn Läsionen des unteren Lobus parietalis rufen nach meiner Erfahrung nicht die geringste

[1]) VI. Congress f. innere Medicin, Neurolog. Centralblatt, 1887, vol. 6, p. 213.

[2]) Zur Localisation der Hemianopsie und des Muskelgefühls beim Menschen, Charité Annalen, 1882.

Affection allgemeiner Sensibilität auf der entgegengesetzten Körperseite hervor.

Corticale Läsionen, die vollständige Lähmung nach sich ziehen, können ohne jede Störung des Muskelsinnes vorkommen, und ebenso Verlust des Muskelsinnes ohne motorische Lähmung. Ich stimme mit Bastian, James[1]) und Anderen überein — dieselben erbrachten auch hierüber experimentelle Beweise —, welche im Gegensatz zu den Anschauungen von Bain, Wundt und Hughlings Jackson annehmen, dass das Bewegungsgefühl bezüglich seiner Richtung abhängig sei von durch die Bewegung selbst bedingten centripetalen Eindrücken und nicht von einem centrifugalen, oder von den motorischen Centren abgehenden und innervirenden Strome.

Wir besitzen, so glaube ich, kein Innervationsgefühl, das ganz unabhängig von den sensorischen Eindrücken seitens der bewegten Körpertheile zustande kommt. Die Innervationsenergie der motorischen Centren und des motorischen Apparates wird nur durch die Functionirung der zugehörigen sensorischen Bahnen und Centren dem Bewusstsein zugänglich. Die Idee, oder die Vorstellung eines Bewegungsactes, ist somit gleichbedeutend einem Wiedererwachen der an den zugehörigen sensorischen Centren haftenden verschiedenen Eindrücke, welche mit dieser Einzelbewegung associirt worden sind. Am wichtigsten hievon sind die visuellen Factoren und diejenigen, welche allgemein inbegriffen sind unter dem sogenannten Muskelsinn. Bei der Erlernung einer Bewegung ist unser Hauptführer das Gesicht, welches uns in den Stand setzt, unsere Extremitäten in die zur Hervorrufung irgend einer Wirkung nöthige Lage zu bringen, und wir associiren auch mit der Einzelbewegung eine bestimmte Art musculärer sensorischer Eindrücke. Das Wiedererwachen einzelner derselben und mehrerer gemeinschaftlich bedeutet die Vorstellung der Bewegung und der Willensact selbst die Erregung der entsprechenden Muskelcombination.

Ich nehme an, dass die Centra der Empfindungen, welche die Muskelaction begleiten, und welche zum Theil die Grundlage für unsere Bewegungsvorstellungen bilden, von den Rindencentren, mittelst welcher die einzelnen Bewegungsacte vollführt werden, zu sondern sind. Die Zerstörung der motorischen Rindencentren lähmt das Vermögen motorischer Verrichtung, hebt aber die Vorstellung des Bewegungsactes nicht auf. Ein Hund, dessen Rindencentren zerstört worden sind, hat eine distincte Kenntnis der gewünschten Bewegungsacte, wenn derselbe aufgefordert wird, die Pfote zu geben, doch müht er sich umsonst ab, diese Bewegungen auszuführen. So kommt es nicht selten vor, dass ein durch

---

[1]) The feeling of Effort, 1880.

Embolie der Arteria fossae Sylvii hemiplegisch gewordener Patient nur gewahr wird seiner Schwäche infolge des Unvermögens Bewegungen auszuführen, die er sonst gesondert begriffen hatte.

Willkürliche Bewegungen können auch bei gänzlichem Mangel des Muskelgefühls ausgeführt werden. In dem bekannten, von Schüppel[1]) beschriebenen Falle war der in Folge spinaler Erkrankung anästhetisch gewordene Patient im Stande, vollkommen seine Extremitäten zu coordiniren, dieselben frei und mit Hilfe des Gesichtes kräftig zu bewegen; auch ohne Hilfe des Gesichtes war dieser Patient im Stande, mit Präcision und andauernd die Beine zu gebrauchen. Ein ähnliches Verhalten findet man bei Hemianästhesie in Folge organischer Läsion der sensorischen Bahnen der inneren Kapsel und bei der functionellen, als hysterische Hemianästhesie bekannten Form.

Obgleich der Patient willkürlich das anästhetische Glied bewegen kann, so hat er dennoch keine Kenntnis von dessen Lage oder von dem der intendirten Bewegung entgegengesetzten Widerstande. Bastian[2]) jedoch gibt an, „dass regelmässig bei den hemianästhetischen Patienten, welche von Charcot in der Salpetrière so gründlich untersucht worden sind, trotz completen Mangels tactiler Sensibilität und absoluter Analgesie der Haut und aller anderen sensiblen Gewebe auf der afficirten Körperseite, zugleich mit Parese der afficirten Extremitäten der sogenannte Muskelsinn nahezu immer erhalten blieb."

Hierüber fragte ich speciell bei Charcot selbst an und beehrte er mich mit einer Antwort, aus welcher ich das Folgende mittheile: „Bei Männern und Weibern kommen Fälle von hysterischer Hemianästhesie vor mit ausschliesslicher Affection des äusseren Integuments und ohne Miteinbeziehung des Muskelsinnes, doch Abschwächung oder gänzlicher Schwund des Muskelsinnes — im Besonderen das Fehlen des Lagegefühls der Extremitäten — sind sehr häufig, wenn nicht gar habituell, bei hysterischer Hemianästhesie, insbesonders dann, wenn letztere mit Parese oder Hemiplegie vergesellschaftet ist. Bis jetzt konnte ich bei Hysterie, bei welcher keine cutane Hemianästhesie vorlag, keine genau auf den Muskelsinn beschränkte deutliche Abschwächung constatiren. Es scheint nach all' dem, dass Verlust des Muskelsinnes die höchste Stufe auf hemianästhetischer Scala repräsentirt." Er verweist mich auch auf Fälle von Anästhesie[3]), bei welchen das Lagegefühl der Glieder vollständig vernichtet war, und „wobei die Patienten dennoch auch bei geschlossenen Augen im Stande waren, die afficirten Glied-

---

[1]) Archiv f. Heilkunde, 1874, Bd. XV, p. 44.

[2]) The Muscular Sense, Brain, vol. X, 1889.

[3]) Diseases of Nervous System (Sydenham Society), vol. III, pp. 304, 445, 463.

maassen zu bewegen. Hiebei sind jedoch die Bewegungen der ihres Muskelgefühles beraubten Extremitäten unsicher und schwankend."

Diese und ähnliche Thatsachen zeigen, dass das Bewegungsgefühl weder für die Coordination noch für die Ausführung eines Bewegungsactes von wesentlicher Wichtigkeit sei. Das Gesicht kann vollständig den Muskelsinn ersetzen, obgleich, wie man selbstverständlich erwarten würde, nur mit Hilfe des Gesichtssinnes zu Stande gebrachte Willkürbewegungen bei geschlossenen Augen weniger sicher und genau sind, als diejenigen, bei welchen auch der Muskelsinn thätig ist. Doch können diese Defecte meistentheils durch die Uebung verdeckt werden, so dass sogar bei geschlossenen Augen einzig die Gesichtsvorstellung der Bewegung vollständig oder nahezu ganz den Verlust des Muskelsinnes zu compensiren vermag. Dass dies nicht in allen Fällen sich so verhält, kann wohl zugegeben werden, doch das wesentliche Moment liegt darin, dass es in manchen Fällen sich so verhält, und dass ein solcher Fall ausreicht, um zu zeigen, dass die Willensthätigkeit nicht nothwendig mit den durch die Muskelaction selbst zu Stande gekommenen Sensationen verbunden ist.

Es ist begreiflich, dass Bewegungsvorstellungen gebildet und Willkürbewegungen erzeugt werden können, wenn ein Gehirn einzig und allein aus Seh- und motorischen Centren bestehen würde. Unter diesen Umständen jedoch würde das Gesicht vollauf damit zu thun haben, die Bewegungen zu leiten und die Bedeutung der Muskelaction und -Anpassung würde bedeutend geringer sein, als wenn dieselben auch durch Sensationen, die durch die Bewegungen selbst hervorgerufen werden, gelenkt würden. Vermittelst des sogenannten Muskelsinnes sind wir im Stande, Bewegungen, die wir nie gesehen haben, zu begreifen und auszuführen, doch sind wir unfähig Bewegungen zu begreifen, oder dieselben willkürlich auszuführen, wenn wir dieselben weder gesehen noch gefühlt haben. Obgleich aber unter gewöhnlichen Bedingungen die Bewegungsgefühle die steten Begleiter der Muskelaction sind und so oft, wie die Muskelaction selbst, in Erscheinung treten, so gestattet diese constante Verbindung noch nicht den Schluss der gegenseitigen Abhängigkeit, oder denjenigen dass die muskelsensorischen Vorstellungen der Bewegung die nothwendigen und unbedingten Erreger der Bewegung selbst sind.

Bastian nimmt an, dass neben den bewussten Eindrücken, welche die Muskelaction begleiten, und welche, wie er zugibt, hauptsächlich im Lobus falciformis localisirt sind, es noch eine Reihe von nicht zum Bewusstsein gelangenden Eindrücken gibt, welche die motorische Gehirnthätigkeit leiten, indem durch dieselben letztere automatisch mit den verschiedenen Graden der Contraction aller Muskeln, welche gerade in einem Zustande von Activität sich befinden, in Beziehung tritt. Die Gesammt-

heit dieser unbewussten Eindrücke bezeichnet derselbe mit dem Namen „Kinästhesis“ oder Bewegungsgefühl, und betrachtet er die motorischen Centra als den Sitz des Bewegungsgefühls. Die sogenannten motorischen Centra sind somit nach ihm in Wirklichkeit nur sensorische Centra, welche die wahren motorischen Centra des Rückenmarks auf dem Wege der Pyramidenbahnen erregen. Ich kann mit Bastian darin nicht übereinstimmen, in den Muskelsinn, der doch im Wesentlichen den Charakter eines bewussten Vorganges an sich trägt, nur unbewusste Eindrücke zu verlegen, durch deren Thätigkeit die harmonische Coordination der verschiedenen Rückenmarksegmente und der niederen Centra ohne Zuthun der Hirnhemisphären bewerkstelligt wird; auch kann ich mir nicht denken, dass Eindrücke, welche thatsächlich nicht in das Bewusstsein treten, ideell wieder zum Vorschein kommen und an der Bildung von Bewegungsvorstellungen theilnehmen können. Wenn aber die Annahme Bastians richtig wäre, dass die unbewusste Erscheinung kinästhetischer Eindrücke das unmittelbare erregende Moment der wahren motorischen Centra im Rückenmarke sei, so würde daraus folgern, dass die sogenannten motorischen Centren unabhängig von den Reizen der sensorischen Hirncentren thätig sind. Versuche thun dar, dass die motorischen Centren keine unabhängigen Actionsstätten sind, nachdem Marique[1]), dessen Experimente von Exner und Paneth[2]) bestätigt worden sind, gefunden hat, dass, wenn die motorischen Centren durch Zerstörung der dieselben mit den sensorischen Hirncentren verbindenden Fasern, vollständig isolirt worden sind, in gleicher Weise, wie nach Zerstörung derselben, Lähmung hervorgerufen wird. Marique zeigte, dass die gleichen Zuckungen nach elektrischer Reizung der zugehörigen Centra nach wie vor der Isolation zu Stande kommen, und dass dieselben noch ihre Erregbarkeit bewahren und mit den Pyramidenbahnen in Verbindung stehen. Diese Versuche weisen somit darauf hin, dass die motorischen Rindencentra nicht unabhängige Actionsstätten seien, sondern durch Reize, welche denselben von den sensorischen Centra auf dem Wege der die ersteren mit letzteren verknüpfenden Acsociationsfasern zugeführt werden, zur Thätigkeit angeregt werden.

Wenn die wahren motorischen Centra nur im Rückenmark liegen würden, so müsste man erwarten, dass die Entwicklung der spinalen motorischen Centra der motorischen Leistungsfähigkeit des Thieres vollkommen entsprechen muss. In diesem Falle müssten die spinalen motorischen Centra des Menschen, bei welchem die motorischen Fähigkeiten sehr mannigfaltig und vollkommen sind, in ihrer Entwicklung bei weitem

[1]) Centres Psycho-moteurs du Cerveau, 1885.

[2]) „Versuche über die Folgen der Durchschneidung von Associationsfasern am Hundehirn“, Arch. f. d. ges. Phys., Bd. XLIV, 1889.

diejenigen anderer Thiere übertreffen, doch trifft genau das Gegentheil zu. Denn im relativen Vergleiche mit dem Gehirn und mit der Grösse des Thieres sind die spinalen motorischen Centra des Menschen weniger entwickelt, als diejenigen niederer Thiere, deren spinale Centra wiederum in der Entwicklung denjenigen mancher Thiere, deren Fähigkeiten sehr primitiv sind, absolut nachstehen. Die Entwicklung der spinalen motorischen Centra entspricht vollkommen der Mannigfaltigkeit der auf reflectorischem Wege synergisch wirkenden Muskelcombinationen der zugehörigen Körpersegmente, während die Entwicklung der motorischen Rindencentra mit der Vielfältigkeit und Zusammengesetztheit motorischer Fähigkeiten parallel einhergeht.

Nach den verschiedenen oben angestellten Betrachtungen schliesse ich, dass die motorischen Rindencentra nicht die Centralstätten tactiler oder allgemeiner Sensibilität und auch nicht die Centra des Muskelsinnes sind, gleichgiltig, ob wir annehmen, dass letzterer von bewussten oder unbewussten centripetalen Eindrücken, oder gar von irgend einem Innervationsgefühl abhängt; dieselben sind daher nur motorischer Natur, genau in dem Sinne aller anderen motorischen Centra und, obgleich functionell und organisch mit den sensorischen Centren verknüpft, dennoch anatomisch von den allgemeinen und speciellen sensorischen Centren differentiirt.

Die frontalen Centra.

Bezüglich der Functionen des vor dem Rolando'schen Gebiete gelegenen und vom Sulcus praecentralis begrenzten Hirnabschnittes herrscht noch eine grosse Meinungsdifferenz. Anatomisch wird derselbe mit den motorischen Bahnen der inneren Kapsel in Beziehung gebracht. Nach den Untersuchungen Flechsig's liegen diese Bahnen in der inneren Portion des Hirnschenkelfusses und verbinden den Stirnlappen mit der entgegengesetzten Kleinhirnhemisphäre indirect vermittelst der grauen Substanz der Brücke. Destructive Läsionen der frontalen Centren, sowohl in den post-, als auch in den präfrontalen Gegenden, ziehen, wie ich experimentell nachgewiesen habe, absteigende Degeneration dieser Bahnen [1]) nach sich, jedoch nicht über die obere Ponsregion hinaus. Die Richtung der Degeneration kann als Beweis für den motorischen Charakter der in Frage stehenden Gegenden gelten. Aehnliche Degenerationen wurden von Brissaud [2]) als Folge von Läsionen des Stirnlappens beim Menschen beschrieben. Er konnte jedoch die Degeneration bis in die Pyramiden nicht verfolgen, und schliesst hieraus, dass die inneren Bündel des Hirn-

[1]) Siehe Fig. 122, Die Functionen des Gehirns.

[2]) Contraction permanente des Hemiplegiques, 1880.

schenkelfusses die Frontalregionen mit den motorischen Kernen der Medulla verbinden. Degenerationen in diesem Theile des Hirnschenkels waren nach dessen Beobachtungen stets vereint mit psychischen Defecten, ganz abgesehen von Gesichts- und Extremitätenlähmung. Im Besonderen weisen die Ergebnisse elektrischer Reizung im Verein mit denjenigen der Abtragung der postfrontalen Gegend darauf hin, dass dieser Theil in Beziehung steht mit den seitlichen Kopf- und Augenbewegungen. Wie wir beobachten konnten, ruft eine Reizung dieser Gegend Oeffnen der Augen, Dilatation der Pupillen und conjugirte Deviation des Kopfes und der Augen nach entgegengesetzter Seite hervor. Im Momente der Zerstörung dieser Gegend in einer Hemisphäre entsteht immer eine vorübergehende Deviation des Kopfes und der Augen nach der Seite der Läsion. Dies ist jedoch nur vorübergehend, sogar wenn die Läsion nahezu, wenn nicht ganz vollständig ausgefallen ist. In zwei von mir beschriebenen Versuchen [1]) waren die Thiere nach beiderseitiger Zerstörung der postfrontalen Gegend einen Tag nach der Operation nicht imstande, den Kopf oder die Augen nach irgend einer Seite zu drehen. Anfangs waren sie unfähig, umherzusehen, wenn in ihrer Nähe Geräusche erzeugt wurden; und wenn sie dies thaten, so drehten sie Kopf und Rumpf zu gleicher Zeit um. Die Zerstörung der präfrontalen Gegenden allein verursachte keine nachweisbaren physiologischen Symptome, weder in sensorischer noch in motorischer Beziehung. Doch in mehreren Fällen fand ich, dass, nachdem die durch Zerstörung der postfrontalen Gegenden hervorgerufenen Symptome vollends geschwunden waren, die nachfolgende Zerstörung der präfrontalen Region Lähmung des Kopfes und der Augen in ganz gleicher Weise wie zuvor nach sich zog. Diese Beobachtungen bestätigte ich in jüngster Zeit durch ein Experiment. Nach einer anscheinend vollständigen Aetzung der ganzen erregbaren Frontalregion, sowohl der convexen als auch der medialen Oberfläche derselben, zeigte das Versuchsthier eine ganz ausgeprägte Drehung des Kopfes und der Augen nach der Seite der Läsion und Unvermögen, dieselben nach entgegengesetzter Seite zu bewegen; innerhalb dreier Tage erholte es sich derartig, dass Defecte nicht weiter wahrnehmbar wurden.

Die einen Monat später vorgenommene Exstirpation der präfrontalen Gegend, nach vorne von der früheren Läsion, führte denselben Zustand, wie früher, herbei, nämlich: Deviation des Kopfes und der Augen nach der Seite der Läsion und Unfähigkeit dieselben nach der entgegengesetzten Seite zu drehen. Die conjugirte Deviation der Augen blieb noch einige Zeit, nachdem bereits die Bewegungen des Kopfes vollständig hergestellt waren, bestehen, doch innerhalb dreier Tage konnte nach dieser Richtung kein Defect mehr nachgewiesen werden. Diese Thatsachen beweisen, dass

[1]) 19. und 20. Versuch, Phil. Trans., Part. II., 1884.

die präfrontalen Gegenden die gleichen functionellen Beziehungen haben, wie die postfrontalen. Die vorübergehende Dauer der Symptome könnte durch die Thatsache erklärt werden, dass die postfrontalen Centren nicht ganz zerstört worden sind. Es ist schwierig das ganze frontale Gebiet zu zerstören, ohne zugleich auch den Kopf des Streifenhügels zu verletzen.

In einem Falle, wo ich auf beiden Seiten den Stirnlappen durch einen transversalen Schnitt unmittelbar vor dem Sulcus praecentralis abgetragen habe, lebte das Versuchsthier nur vierunnzwanzig Stunden. Es war hiebei keine Gesichts- und Extremitätenlähmung nachweisbar, doch wurden die rechtsseitigen Extremitäten mit etwas weniger Energie bewegt als die linken. Obgleich das Thier seinen Kopf und seinen Rumpf strecken konnte, so war es doch nicht im Stande eine gerade Lage einzunehmen, oder seinen Kopf und seine Augen seitwärts zu bewegen. Das Thier hielt

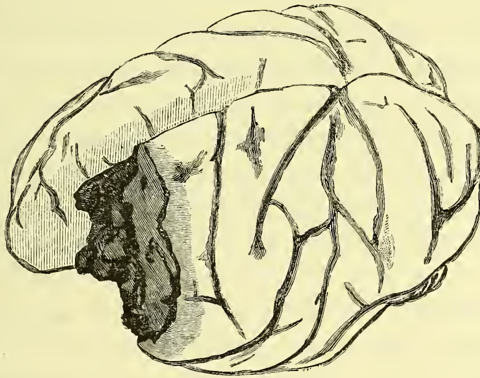


Fig. 35.

die Augen geschlossen, ausser wenn es in irgend einer Weise gestört wurde. Gesicht, Gehör und tactile Sensibilität waren unversehrt. Abgesehen von dem Unvermögen des Thieres Kopf und Augen zu bewegen, war weder ein merklicher sensorischer, noch ein motorischer Defect nachweisbar. In diesem Falle waren auch die Corpora striata verletzt, aber mehr auf der linken als auf der rechten Seite.

Ich habe jüngst die ganze Frontalgegend der linken Hemisphäre (siehe Fig. 35) exstirpirt. Als das Thier wenige Stunden nach der Operation umher zu gehen begann, konnte man beobachten, dass es sich von rechts nach links drehte und, wenn es zur Ruhe kam, bewegte sich der Kopf stets nach links. Das rechte Augenlid war bedeutend gesunken und die rechte Pupille war deutlich kleiner als die linke. Den nächsten Tag hielt die conjugirte Deviation der Augen an und konnten dieselben nach rechts nicht gedreht werden, doch die Seitenwendung des

Kopfes war nicht so ausgeprägt. Die Neigung des Kopfes nach links wurde allmählig geringer, doch das Unvermögen die Augen nach rechts zu drehen dauerte, so lange das Thier noch lebte, fort. In Folge einer Gehirnblutung starb plötzlich das Versuchsthier zehn Tage nach der Operation. In diesem Falle hielt die conjugirte Deviation länger an, als ich es bei irgend einem früheren Experimente beobachtet habe, und war dies unzweifelhaft mit der nahezu vollständigen, wenn nicht totalen Abtragung des Stirnlappens in Zusammenhang zu bringen.

Dieser Versuch zeigt, dass Zerstörung der frontalen Region nicht nur conjugirte Deviation des Kopfes und der Augen verursacht, sondern auch eine vorübergehende Lähmung derjenigen Bewegungen, welche auch durch elektrische Reizung hervorgerufen werden, wie: Hebung der Lider und Erweiterung der Pupillen. Dies wird durch eine ähnliche Beobachtung, welche ich früher mitgetheilt habe, bestätigt. Man ist somit berechtigt zu glauben, dass die seitlichen Bewegungen des Kopfes und der Augen gerade nicht fortdauernd gelähmt bleiben, ausser wenn jeder Theil der Frontalgegend vollständig zerstört worden ist.

Mit Ausnahme des oben Angeführten war ich nicht im Stande, irgend welche andere physiologischen Symptome nach Abtragung des Frontallappens ausfindig zu machen. Nie beobachtete ich irgend eine Affection des Gesichtes; Hitzig[1]) hingegen behauptet, dass eine solche bei Hunden nach Zerstörung der präfrontalen Gegend zu Stande komme· Ich kann dies nach meinen Versuchen an Affen nicht bestätigen. Was ähnlich einer Abnahme des Sehvermögens nach der entgegengesetzten Seite bei unilateraler Exstirpation der Frontalregion erscheinen mag, ist durch die conjugirte Deviation der Augen nach entgegengesetzter Seite bedingt, so dass das Thier, welches nach entgegengesetzter Seite seine Augen nicht zu drehen vermag, ein vorgehaltenes Object erst sieht, wenn dasselbe die Mittellinie überschritten hat; das Gesichtsfeld ist jedoch im im übrigen normal. Munk findet, dass bei Hunden Zerstörung der frontalen Gegend Lähmung der Rumpfmuskeln hervorruft, und er bezeichnet die Frontalgend als die sensorische Sphäre des Rumpfes, obgleich er ganz bestimmt angibt, nie irgend ein Zeichen von Anästhesie gefunden zu haben. Meine eigenen Versuche, sowie auch diejenigen von Horsley und Schäfer Hitzig, Kriworotow und von Goltz widersprechen in dieser Hinsicht den Anschauungen Munk's; Horsley und Schäfer haben noch überdies gezeigt, dass die Rindencentren für die Rumpfmuskeln in der Randwindung liegen. Es ist somit wahrscheinlich, dass irgend eine Affection der Rumpfbewegungen, welche von Munk beobachtet worden sein mag, auf eine directe oder indirecte Läsion dieser Centra zurückzuführen sei. Neben der Lähmung der Kopf- und Augenbewegungen in Folge von Zerstörung der

[1]) Archiv f. Psychiatrie, 1887, vol. 15, p. 270.

Stirnlappen habe ich auch einen merklichen psychischen Defect (meine Beobachtungen wurden auch von Hitzig und Goltz bestätigt) herausgefunden, einen Defect, den ich mich bemühte in Zusammenhang zu bringen mit dem Unvermögen des Thieres Objecte zu sehen, welche nicht zufällig in sein Gesichtsfeld fallen, oder seinen Blick nach denselben zu richten. Es ist dies eine Form von Abnahme psychischer Thätigkeit, die, wie mir scheint, von dem Verlust psychischer Concentration abhängt, und geht meine Hypothese dahin, zu behaupten, dass die Fähigkeit die Aufmerksamkeit zu concentriren, in engster Beziehung zu den Willkürbewegungen des Kopfes und der Augen steht. Ueber diesen Punkt jedoch, welchen ich übrigens anderswo erörtert habe, will ich mich an dieser Stelle nicht weitläufig auslassen. Die mitgetheilten Fälle von Läsion oder Erkrankung der Frontallappen beim Menschen ergeben in gleicher Weise wie die experimentell erzeugten ein- oder beiderseitigen Läsionen ein negatives Resultat, soweit es sich um sensorische und motorische Verhältnisse im Allgemeinen handelt; in mehreren Fällen wurde eine gewisse intellectuelle Schwäche und ein veränderter Charakter beobachtet, nicht unähnlich den bei Affen und Hunden in solchen Fällen vorkommenden Zuständen. Unter 15, verschiedenen Mittheilungen entnommenen Fällen von Läsion der Frontalregion kam bei zweien conjugirte Deviation des Kopfes und der Augen vor; in zwölf derselben war insbesonders die Intelligenz geschwächt und in allen Fällen gab es absolut keine Extremitätenlähmung.

Obgleich ich in so verschwenderischer Weise ihre Zeit in Anspruch genommen habe, so war es mir dennoch nur möglich, die Functionen der Rindencentra zu erörtern — und dies in vieler Beziehung in sehr unvollkommener Weise —, soweit es sich hiebei um Empfindung und Bewegung handelt. Es gibt aber noch eine andere Frage, die ich gar nicht berührt habe, nämlich diejenige über die Beziehungen der Hirnhemisphären zu den Functionen des organischen Lebens. Dieser Gegenstand ist jedoch bis jetzt in so tiefes Dunkel gehüllt und die diesbezüglichen Thatsachen sind gegenwärtig zu gering an Zahl und keiner der verschiedenen Arten der Interpretation zugänglich, so dass ich es für das Beste halte, weitere lichtvolle Aufklärungen abzuwarten, als irgend welche bestimmte Anschauungen, wenn auch in schüchterner Weise, vorzubringen. Und ich erachte es auch deshalb für unnöthig, darüber etwas mitzutheilen, nachdem dieser Gegenstand von einem seiner wichtigsten Gesichtspunkte, nämlich bezüglich der Beziehungen der Hemisphären zu den Wärmefunctionen des Körpers, von meinem Vorgänger Dr. Mac Alister erst jüngst in so geschickter Weise behandelt worden ist.

Ich habe nur gelegentlich die Hirnlocalisation hinsichtlich der Psyche berührt. An und für sich würde diese Frage einen ganzen Band

behufs ihrer Erörterung benöthigen und letztere würde hauptsächlich in Speculation ausarten. Bezüglich der Fragen, die ich ausführlich erörtert habe, und über welche gegenwärtig und wahrscheinlich auch noch fernerhin so viele Meinungsverschiedenheiten herrschen, werde ich mich zufrieden stellen, wenn all' die Thatsachen und Betrachtungen, die ich Ihnen vorgebracht habe, zu deren Lösung beitragen, wenn auch nur in dem Sinne, dass Andere hiedurch zu weiterer Forschung Anregung finden und im weiteren Verlaufe zu Schlussfolgerungen gelangen, die bei Physiologen und Praktikern in gleicher Weise Anklang finden. Denn die wahre Vorstellung und Anschauung über die Functionen und die Beziehungen der Hemisphären und deren constituirenden Centra ist nicht nur von höchstem scientifischen und philosophischen Interesse, sondern auch von grosser praktischer Bedeutung in der Diagnostik und Therapie der Gehirnkrankheiten.



Inhalts-Verzeichnis.

Dr. LUDWIG EDINGER.

NERVÖSE CENTRALORGANE.

4. AUFLAGE.

VORLESUNGEN

ÜBER DEN BAU DER

NERVÖSEN CENTRALORGANE

DES MENSCHEN UND DER THIERE.

FÜR ÄRZTE UND STUDIRENDE

VON

DR. LUDWIG EDINGER,
ARZT IN FRANKFURT AM MAIN.

VIERTE UMGEARBEITETE AUFLAGE.

MIT 145 ABBILDUNGEN.



LEIPZIG,
VERLAG VON F. C. W. VOGEL.
1893.

Englische Uebersetzung ist erschienen.

Vorwort zur vierten Auflage.

Das zunehmende Interesse am Studium des Baues der nervösen Centralorgane — es ist ein Jahr nur seit Erscheinen der dritten Auflage verflossen — hat mich ermuthigt, dem kleinen Buch eine erweiterte Grundlage zu geben. Man wird in der vorliegenden Auflage ausführlicher als in den früheren die Verhältnisse am Thiergehirn mit berücksichtigt finden. Dann sind einzelne Theile, namentlich die Riechfaserung, die Züge aus dem Stammganglion und der Thalamus opticus völlig neu bearbeitet worden. Es konnte dies zumeist auf Grund eigener neuerer Untersuchungen geschehen. Natürlich ist auch bei dieser Auflage die neuere Litteratur pflichtgemäss benutzt worden.

Frankfurt a. M., im August 1893.

Edinger.

Aus dem Vorwort zur ersten Auflage.

Die folgenden Vorlesungen wurden im Winter 1883/84 vor einem Auditorium von praktischen Aerzten gehalten. Es war die Aufgabe des Vortragenden, Zuhörer, die im Allgemeinen mit den gröberen Formverhältnissen des Gehirns vertraut waren, mit dem Wichtigsten bekannt zu machen, was über die feineren Verhältnisse ermittelt war. Es galt vor Allem, diese Verhältnisse so darzustellen, dass sie, soweit dies bislang möglich, als ein Ganzes erschienen. Vieles Controverse konnte nur angedeutet werden, da und dort konnte bei zweifelhaften Punkten oft nur eine Auffassung Erwähnung finden, diejenige, welche mir nach eigenen Untersuchungen oder nach der Ansicht guter Autoren als die richtigste erschien.

Hier läge ein wunder Punkt der folgenden Darstellung, wenn sie irgendwie die Prätension hätte, mehr sein zu wollen, als eine Einführung in die Lehre vom Bau des Centralnervensystems.

Ich bin mir, wie Alle, die selbst auf dem schwierigen Gebiete der Hirnanatomie mit Hand angelegt haben, vollauf bewusst, dass es nur recht wenige Facta sind, die ganz feststehen, dass kein Gebiet der Anatomie mehr dem Wechsel unterworfen sein wird, als das hier Vorgetragene. Deshalb soll schon jetzt, vor der Lectüre des Büchleins, der Leser darauf hingewiesen werden, dass möglicher Weise die eine oder andere Linie etwas allzu sicher und fest eingezeichnet wurde. Mit Absicht, nur im Interesse didaktischer Klarheit, ist das nirgends geschehen.

Frankfurt a. M., im Mai 1885.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die Darstellung vom Bau des centralen Nervensystems, welche hier zum zweiten Male vor den Leserkreis tritt, hat eine Aenderung in vielen, eine Vermehrung in einigen Punkten erfahren.

In den letzten vier Jahren ist auf dem hier in Betracht kommenden Gebiete viel Neues zu Tage gefördert worden. Das Wichtigste davon aufzunehmen und in die Gesammtdarstellung einzuordnen, erschien als die nächste Aufgabe. Die Kapitel von der Histologie und von der Histogenese sind ganz neu bearbeitet. An vielen Stellen ist nicht Neues aufgenommen, sondern Altes neu dargestellt (Fornix, Ammonshorn u. A.).

Fortgesetzte Beschäftigung mit dem Gehirn hat den Verfasser in manchen Punkten zu neuen Anschauungen kommen lassen. Demgemäss sind namentlich die Abschnitte, welche vom Oculomotorius, vom Acusticus und von der Faserung des tiefen Markes handeln, ganz neu bearbeitet. Die Ergebnisse der kurz vor dem Erscheinen dieses Buches veröffentlichten Abhandlung über den centralen Verlauf der Bahnen, welche in den hinteren Wurzeln enthalten sind, wurden noch berücksichtigt. Deshalb konnte der Bauplan des Rückenmarkes um Vieles einfacher und verständlicher vorgetragen werden, als es in der früheren Auflage der Fall war.

Dem von verschiedenen Seiten geäusserten Wunsche, dass die kleine Schrift für solche, welche unter ihrer Führung praktisch arbeiten wollten, brauchbarer gemacht würde, ist dadurch Rechnung getragen, dass die Zahl der abgebildeten Schnitte vermehrt und die Schilderung einzelner Regionen ausführlicher gestaltet wurde.

Neu aufgenommen ist eine wesentlich auf eigenen Untersuchungen beruhende Darstellung der Grundzüge der vergleichenden Anatomie des Centralnervensystems. Diese Vermehrung, welche gestattet, das Makroskopische überall unter mehr allgemein morphologischen Gesichtspunkten zu betrachten, soll auch denen, welche selbständig weiter arbeiten wollen, eine erste Einführung in diesen wichtigen Theil der Hirnanatomie sein. Noch kann keine zusammenfassende Darstellung des feineren Gehirnbaues in der Thierreihe gegeben werden, doch wird der Leser an vielen Stellen des Buches hierher Gehöriges zerstreut finden.

Schon jetzt, wo infolge der bis vor Kurzem noch unzulänglichen Methoden noch recht wenig vom Gehirn niederer Wirbelthiere bekannt ist, erkennt man, dass eine eingehende Berücksichtigung der dort vorliegenden Verhältnisse es ermöglichen wird, viel weiter in den feineren Bau einzudringen, als man es vermochte, solange das Säugergehirn allein das Hauptobject der Untersuchungen bildete. Es muss eine Anzahl anatomischer Anordnungen geben, die bei allen Wirbelthieren in gleicher Weise vorhanden sind, diejenigen, welche die einfachsten Aeusserungen der Thätigkeit des Centralorgans ermöglichen. Es gilt nur immer dasjenige Thier oder diejenige Entwicklungsstufe irgend eines Thieres ausfindig zu machen, bei der dieser oder jener Mechanismus so einfach zu Tage tritt, dass er voll verstanden werden kann. Hat man das Verhalten einer solchen Einrichtung, eines Faserzuges, einer Zellanordnung, nur einmal irgendwo ganz sichergestellt, so findet man sie gewöhnlich leicht auch da wieder, wo sie durch neu Hinzugekommenes mehr oder weniger undeutlich gemacht wird.

Das Auffinden solcher Grundlinien des Hirnbaues aber scheint die nächstliegendste und wichtigste Aufgabe der Hirnanatomie. Kennen wir nur erst einmal sie, so wird es leichter sein, die complicirten Einrichtungen zu verstehen, mit denen das höher organisirte Gehirn arbeitet.

Frankfurt a. M., im Mai 1889.

INHALTSVERZEICHNISS.

ELFTE VORLESUNG.

ZWÖLFTE VORLESUNG.

DREIZEHNTE VORLESUNG.

ANHANG.

Erste Vorlesung.

Ueberblick über die Geschichte und die Methoden der Erforschung der nervösen Centralorgane.

Meine Herren! Die Anatomie des Centralnervensystems, mit deren Grundzügen Sie diese Vorlesungen bekannt machen sollen, hat seit der Renaissance der anatomischen Wissenschaft das Interesse zahlreicher Forscher lebhaft in Anspruch genommen. Vesalius, Eustachio, Aranzio, Varolio, Fallopia haben die Grundlagen geschaffen, auf denen in späteren Jahrhunderten weiter gebaut werden konnte. Im 17. Jahrhundert erschienen schon grössere Monographien, welche mit Rücksicht auf die damalige Untersuchungstechnik fast als erschöpfend zu bezeichnen sind: so die Bücher von Th. Willis und von Raim. Vieussens. Immerhin konnte Willis noch Gebilde wie die Streifenhügel, die vordere Commissur, die Pyramiden und die Oliven als neu beschreiben. Wichtige Beiträge zur Hirnanatomie gaben damals noch F. D. Sylvius, J. J. Wepfer und van Leuwenhoeck, welcher Letztere zuerst mikroskopische Untersuchungen des Gehirns anstellte. V. Malacarne in Italien, S. Th. v. Sömmering in Deutschland, Vicq d'Azyr und Rolando in Frankreich trugen gegen Ende des vorigen Jahrhunderts wesentlich zur Vertiefung unseres Wissens vom Gehirn bei.

Als unser Jahrhundert anbrach, war der allgemeinen Formbeschreibung der Organe des Centralnervensystems kaum noch etwas Wesentliches zuzufügen. Trotzdem war man in dem, was wir heute als den wichtigsten Theil der Lehre vom Bau des Centralnervensystems bezeichnen müssen, in der Kenntniss vom feineren Zusammenhang der Theile, vom Faserverlauf, kaum vorwärts gekommen. Auch die vergleichend anatomischen Untersuchungen, die man gerade in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts aufnahm, brachten diese Lehre nicht vorwärts. Was noch auf wesentlich makroskopischem Wege zu erreichen war, haben Reil, Gall und Spurzheim, F. Arnold, C. B. Reichert, Foville, Burdach u. A. geleistet.

Namentlich Reil, der zuerst die künstliche Härtung des Gehirnes als vorbereitendes Mittel allgemein geltend machte, hat bereits eine grosse Anzahl anatomischer Facta, die nicht gerade auf der Oberfläche liegen, richtig gesehen. Als seine wichtigsten Entdeckungen muss man die Bil-

dung des Stabkranzes und des Hirnschenkelsystems bezeichnen, deren Beziehungen zu der sie durchquerenden Balkenfaserung er zuerst erkannte; die Schleife und ihr Ursprung aus den Vierhügeln, der Linsenkern, die Insel und vieles Andere haben erst seit seinen Untersuchungen Aufnahme in die Anatomie gefunden.

So recht wie ein Markstein steht am Ausgangspunkt dieser älteren Periode Burdach's Buch „Vom Bau und Leben des Gehirnes", das, 1819 erschienen, alles bis dahin Geleistete treu zusammenfasst und vieles Neue klärend hinzufügt.

Man bediente sich, bis zur Mitte unseres Jahrhunderts etwa, ganz vorwiegend der anatomischen Zergliederung mit dem Messer und der Abfaserung gehärteter Gehirnstücke mit der Pincette. Gall, Burdach, Reil, F. Arnold, Foville haben unter Benutzung der letzteren Methode viel Neues entdeckt. Tiedemann's und Reichert's Verdienst ist es wesentlich, dass man auf dem Wege der Entwicklungsgeschichte die allgemein morphologischen Verhältnisse besser verstehen lernte.

Seit aber Ehrenberg (1833) dargethan hatte, dass das „Seelenorgan" aus zahllosen allerfeinsten „Röhrchen" zusammengesetzt sei, seit Remak die Ganglienzellen genauer beschrieben (1838) und Hannover (1840) deren Zusammenhang mit den Nervenfasern nachgewiesen hatte, war es offenbar, dass die einfache Zerfaserung nicht im Stande sein könne, die erstrebte Einsicht in den Bau und Zusammenhang der Centralorgane zu verschaffen. Es ist das grosse Verdienst von B. Stilling, eine neue Methode eingeführt und geübt zu haben: die Anfertigung von dünnen Schnitten oder vielmehr ganzen Schnittserien, die in verschiedenen, aber bestimmten Richtungen durch das Organ gelegt werden.[1]) Die so erhaltenen Präparate wurden genau durchforscht, ihre Bilder combinirt und so die Anordnung und der Aufbau des centralen Nervensystems reconstruirt. Durch diese Methode und durch die Studien, die er unter ihrer Benutzung anstellte, hat Stilling die Grundlage für die moderne Anatomie des Rückenmarks, der Oblongata, des Pons und des Cerebellum geschaffen. Am 25. Januar 1842 liess Stilling bei einer Kälte von —13° R. ein Stück Rückenmark frieren und machte dann mit dem Scalpell einen mässig feinen Querschnitt durch dasselbe. „Als ich diesen", schreibt er, „unter das Mikroskop brachte und bei 15facher Linearvergrösserung die prächtigen Querfaserstrahlungen (centralen Nervenbahnen) sah, da hatte ich einen Schlüssel gefunden, der die Gemächer zu dem wunderbaren Bau des Rückenmarks öffnete. Nicht froher hatte Archimedes sein *εὔρηκα* gerufen, als ich bei jenem Anblick ausrief."

Die Stilling'sche Methode ist die auch jetzt noch am meisten verwendete zur Untersuchung des Centralnervensystems. Sehr erleichtert wird ihre Anwendung durch die vorzügliche Härtung, welche nach den Angaben

1) Schon vor Stilling fertigte man dünne Schnitte des Centralnervensystems an (z. B. Rolando 1824), aber die Reconstruction der Organe mittelst der Combination ausgedehnter Schnittserien versucht zu haben, ist wesentlich Stilling's Verdienst.

von Hannover und von Eckhardt die verdünnte Chromsäure und die Lösungen von chromsauren Salzen an den nervösen Centralorganen hervorbringen. Die Schnitte werden meist mit Mikrotomen gemacht, welche ein exactes Schneiden und grosse gleichmässige Schnitte ermöglichen. Um die Construction von hierzu geeigneten Mikrotomen haben sich Welcker, Rivet, Weigert, Thoma, Gudden, Schiefferdecker u. A. verdient gemacht. Man kann jetzt ein ganzes menschliches Gehirn in eine Serie lückenloser Querschnitte von weniger als 1/20 mm Dicke zerlegen.

Die erhaltenen Abschnitte können ungefärbt untersucht werden. Alles, was Stilling gefunden, wurde an solchen ungefärbten Präparaten gesehen.

Zweckmässiger aber ist es, sie zu färben. Es ist Gerlach's Verdienst, zuerst (1858) auf die Vortheile aufmerksam gemacht zu haben, welche man durch Tränken der Präparate mit Carmin erhält. Die spätere Zeit hat noch manche Färbemethoden hervorgebracht, namentlich wurden Anilinfarben (Nigrosin u. A.) benutzt. Aber wir haben erst in neuester Zeit durch Golgi (1883) eine Methode erhalten, welche mehr leistet, als die alte Gerlach'sche. Dieselbe beruht auf Schwärzung der Zellen und ihrer Ausläufer durch Chromsilber. Dieser Methode verdanken wir ganz neue und ungeahnte Einblicke in den feineren Aufbau des Centralnervensystems.

Sorgfältige Härtung und Nachbehandlung mit Anilinfarben haben es Nissl ermöglicht, Ganglienzellenpräparate herzustellen, welche einen Einblick in das Structurbild gewähren. Der Faserverlauf wird durch Carminfärbung nicht sehr viel deutlicher. Dagegen gelingt es durch eine ausgezeichnete, von Weigert (1884) herrührende Methode der Hämatoxylinfärbung, auch die feinsten Fäserchen tief blauschwarz zu färben und so, der Stilling'schen Methode folgend, ihren Verlauf leichter zu erforschen, als es früher möglich war. Schöne Bilder kann man auch durch die Osmiumsäurebehandlung (Exner, Bellonci) erhalten.

Die gefärbten Schnitte werden seit den diesbezüglichen Angaben von Clarke (1851) in Alkohol entwässert und dann durch ein ätherisches Oel oder Xylol durchsichtig gemacht.

1886 hat P. Ehrlich gezeigt, dass es gelingt, am lebenden Thiere Axencylinder und Ganglienzelle durch Methylenblau zu färben. Dieses Verfahren ist in den Händen von Retzius u. A. für die Erforschung des feineren Aufbaues der Theile im Centralnervensystem von der grössten Wichtigkeit geworden.

Der Stilling'schen Methode sind die meisten Forscher gefolgt, welche in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts das Centralnervensystem untersuchten. Ich werde am Schlusse jeder Vorlesung Ihnen die Namen derer mittheilen, welchen wir das Wichtigste in der Erkenntniss des dort behandelten Hirntheiles verdanken. Aber heute schon müssen Sie sich merken, dass wir zwei Männern, Stilling und Meynert, das Allermeiste verdanken, was wir vom feineren Bau des Gehirnes und Rückenmarkes wissen, dass alle neueren Arbeiter von dem ausgegangen sind, was jene schufen.

Benedict Stilling hat die ganze Grundlage unseres Wissens von der Brücke, dem Kleinhirn, dem verlängerten Marke und dem Rückenmarke geschaffen durch eine Reihe grossartig angelegter und von nicht wieder erreichtem Fleisse zeugender Werke, die sicher ein monumentum aere perennius des grossen Casseler Arztes bleiben werden.

Meynert aber hat nicht nur alle Gebiete des Hirnes und Rückenmarkes systematisch auf Schnitten und abfasernd durchgearbeitet und dabei mehr Thatsachen neu entdeckt, als, Stilling ausgenommen, irgend ein früherer Forscher, sondern er hat auch in wahrhaft genialer Conception auf Grund der feineren Anatomie eine Theorie des Hirnbaues aufgestellt, welche auf die Anatomie und auf die Psychologie in gleichem Maasse bis heute fruchtbringend und zu Neuem anregend fortwirkt.

Es liegt im Wesen der Stilling'schen Methode begründet, dass die Verfolgung einer Nervenbahn auf lange Strecken hin nur sicher und möglich ist, so lange die sie zusammensetzenden Züge nicht durch Ganglienzellen unterbrochen werden oder aus der Schnittebene abbiegen, so lange sie nicht in ein Fasergewirr eingehen oder sich aus einem Bündel in zahlreiche sich zerstreuende Fäserchen spalten. Auch im Rückenmark der kleinsten Thiere kommt kaum eine Faser vor, deren ganzer Verlauf in einer Schnittebene zu übersehen wäre.

Man hat sich daher, nachdem man namentlich durch Stilling's Arbeiten angefangen hatte, sich etwas auf dem schwierigen Gebiete zu orientiren, nach weiteren Methoden umgesehen, welche ein Auffinden und Verfolgen der Faserbahnen gestatten. Bekanntlich hat Waller 1852 gezeigt, dass durchschnittene Nerven in ganz bestimmten Richtungen degeneriren. Nun fand Türk schon vorher (1850), dass auch die Unterbrechung der Leitung im Rückenmark zu Degenerationen führte, die nach aufwärts sich in anderen Fasersträngen fortpflanzten, als nach abwärts. Es gelang durch seine Arbeiten, sowie die von Bouchard, von Flechsig, Charcot und vielen Anderen nachzuweisen, dass im Rückenmark und im Gehirn ganz bestimmte Fasergebiete an immer den gleichen Stellen liegen, Fasern, welche, wenn sie degenerirt sind, auf die ganze Länge ihres Verlaufes hin sich vom gesund gebliebenen Gewebe abheben und so leicht ihrer Richtung entlang verfolgt werden können. Das Studium dieser secundären Degenerationen ist seitdem wichtig für den Fortschritt der uns beschäftigenden Lehre geworden. Deshalb wollen wir noch einen Augenblick auf das Waller'sche Gesetz etwas näher eingehen. Man formulirt es jetzt so, dass man sagt: Der Axencylinder einer Nervenfaser hat nur Bestand, so lange er noch mit seiner Ursprungszelle zusammenhängt. Er degenerirt sammt seiner Markscheide in dem Gebiete, welches nicht mehr unter dem Einfluss der Ursprungszelle steht. Nun hat aber Forel gezeigt, dass bei Neugeborenen nach einfacher Nervendurchschneidung und bei Erwachsenen, wenn der Nerv sehr nahe am Kern durchtrennt wird, Degenerationen und Schwund im centralen Stumpfe entstehen können, und Bregmann hat bei besonders darauf gerichteten Untersuchungen den Zerfall des centralen

Stumpfes bestätigt. Dieser scheinbare Widerspruch gegen das Waller'sche Gesetz ist durch die Arbeiten von Nissl gelöst worden. Nissl hat nämlich gezeigt, dass eine schädigende Einwirkung von der Durchschneidungsstelle auf die centrale Zelle ausgeübt wird, dass diese vorübergehend sehr in ihrer Structur geschädigt werden kann. In solchen Fällen kommt es dann zu Zerfall auch des centralen Axencylinders, weil er eben nicht mehr mit einer normalen Ursprungszelle zusammenhängt. Bei der Beurtheilung secundärer Degenerationen muss man in Zukunft auf diese Thatsachen, die ja für die Pathologie besonders wichtig sind, gebührende Rücksicht nehmen.

Das Fasergebiet, in dem eine solche Degeneration sich constant fortzupflanzen pflegt, nennt man auch ein Fasersystem. Eine Anzahl von Rückenmarkskrankheiten befallen, im Anfange ihres Auftretens oder immer, nur bestimmte Systeme, z. B. nur die Hinterstränge des Rückenmarks. Man nennt sie Systemerkrankungen. Auch die Untersuchung solcher Systemerkrankungen kann zur Erkenntniss des Faserverlaufes benutzt werden (Flechsig, Westphal, Strümpell). Durch genaues Studium pathologischer Veränderungen haben ferner noch Charcot und seine Schüler, besonders Pitres, Féré, Ballet, Brissaud u. A., befruchtend auf die Hirnanatomie gewirkt.

Zuweilen gewähren Missbildungen die Möglichkeit, die eine oder die andere Bahn leichter zu erkennen, als dies im normalen Gehirn möglich ist. So konnten Onufrowics und Kaufmann Fälle von Balkenmangel untersuchen, in denen, eben durch den Ausfall der Balkenfasern, andere Züge im Gehirn mit bisher nicht bekannter Deutlichkeit hervortreten.

Es lag nahe, absichtlich ganz bestimmte Theile der Wurzeln oder des Rückenmarkes z. B. zu durchschneiden und so durch die willkürlich erzeugte secundäre Degeneration weiter in den Bau einzudringen. Solche Versuche wurden viele gemacht, und manches Wichtige verdanken wir den Experimentatoren, welche so vorgingen. So wurden beispielsweise durch die Durchschneidungsversuche von Singer und von Schiefferdecker unsere Kenntnisse vom Verlauf der Nervenwurzeln im Rückenmark sehr bereichert.

Technisch können solche Degenerationen auf zwei Weisen studirt werden. Man kann entweder den völligen Untergang der Fasern abwarten und dann den Verlauf der verödeten Strecke verfolgen, oder man kann durch Einlegen des Präparates wenige Wochen nach der Operation in eine osmiumsäurehaltige Lösung die Zerfallproducte schwärzen (Marchi). Namentlich die letztere Methode giebt sehr klare Bilder, Linien von schwarzen Pünktchen der degenerirten Fasern auf hellem Grunde.

Wenn man bei neugeborenen Thieren periphere oder centrale Nervensubstanz operativ entfernt, so entwickeln sich mit den verletzten Stellen im Zusammenhang stehende Fasern nicht weiter, gehen allmählich sogar ganz zu Grunde. Diese Erfahrung hat Gudden (1870) benutzt, um uns mit einer neuen und fruchtbaren Untersuchungsmethode zu beschenken.

Er hat beispielsweise die nach Exstirpation eines Auges im Gehirn entstehenden Atrophien auf Schnitten u. s. w. verfolgt und so die nächsten centralen Endigungen des betreffenden Sehnerven aufgefunden. Wo immer sonst noch am Gehirn er experimentirt und nachträglich untersucht hat, überall hat er Neues und Wichtiges zu Tage gebracht. Ausser Gudden verdanken wir namentlich Mayser, Ganser, Forel, Monakow und Löwenthal wichtige, mit dieser Methode gewonnene Kenntnisse über den Faserverlauf im Rückenmark, die Ursprungsart verschiedener Hirnnerven, den Verlauf der Schleife im Gehirn u. v. A.

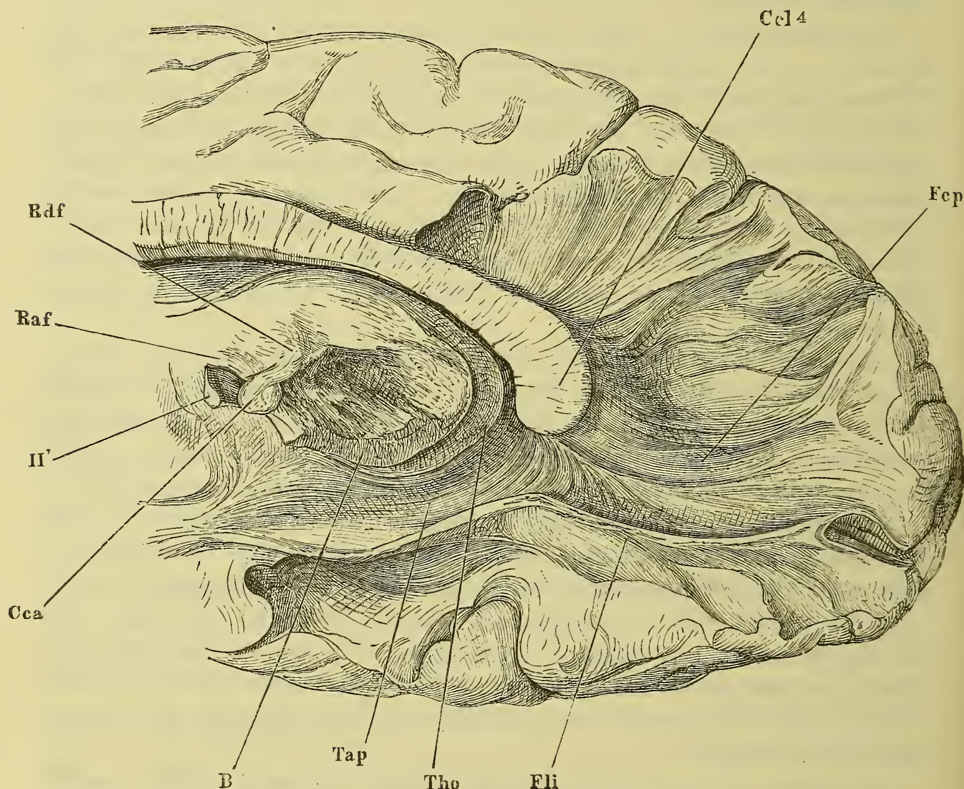


Fig. 1.
Die Faserung des Balkens, durch Abbrechen des erhärteten Präparates mit der Pincette dargestellt, nach Henle.

Zuweilen bieten sich Fälle, wo die Natur gleichsam selbst ein Guddensches Experiment am Menschen angestellt hat. So konnte ich einmal die atrophischen Nervenbahnen, welche nach intrauteriner Amputation eines Armes zurückgeblieben waren, bis hoch hinauf in das Rückenmark verfolgen; ein andermal hatte ich Gelegenheit, das Nervensystem eines Kindes zu untersuchen, das vor oder doch bald nach der Geburt eine ausgedehnte Erweichung der Scheitellappenrinde bekommen hatte. Im Rückenmark fehlte die gekreuzte Pyramide ganz.

Die Lehre vom Faserverlauf hat durch die Methode der secundären Degenerationen und Atrophien einen guten Schritt vorwärts gethan. Noch förderlicher aber wurde ihr eine neue Methode, welche sich auf die Untersuchung der Markscheidenentwicklung gründete.

Es gebührt das Verdienst, diese Methode in die Forschung eingeführt und mustergültig ausgenutzt zu haben, P. Flechsig. In einer Reihe von Mittheilungen (1872—1881), dann in einem grösseren Werk über die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark (1876) hat er gezeigt, dass die verschiedenen Faserzüge, welche auf dem Schnitt durch das Centralorgan des Erwachsenen so gleichartig aussehen, in der Embryonalzeit sich sehr wesentlich dadurch unterscheiden, dass sie zu verschiedener Zeit ihr Nervenmark bekommen. Ganze „Systeme" auf dem Rückenmarksquerschnitt sind noch durchsichtig zu einer Zeit, wo andere bereits weiss, markhaltig geworden sind. Die Verfolgung der weissen Partien auf Quer- und Längsschnitten ist sehr viel leichter, giebt sehr viel sicherere Resultate, als die Verfolgung von Nervenfasersträngen am völlig ausgebildeten Organ.

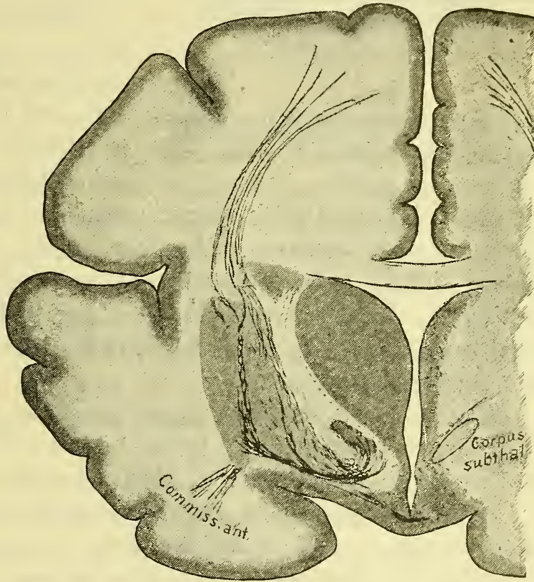


Fig. 2.
Frontalschnitt durch das hintere Ende der Fossa Sylvii am Gehirn einer neunmonatlichen todtgeborenen Frucht angelegt. Die markhaltigen Fasern schwarz gezeichnet. In Wahrheit heben sie sich weiss von grauem Untergrunde ab.

Um Ihnen einen Begriff von den Eigenheiten der einzelnen bislang erwähnten Methoden zu geben, demonstrire ich Ihnen zunächst hier ein Präparat, das durch Abfaserung hergestellt wurde und den Verlauf der Balkenfasern im Grosshirn zeigen soll (Fig. 1).

Die folgende Zeichnung ist nach einem Frontalschnitt gefertigt, der durch das Grosshirn einer neunmonatlichen todtgeborenen Frucht gelegt wurde. Das ganze hier abgebildete Gebiet ist beim Erwachsenen von Nervenfasern erfüllt, die, in mannigfacher Richtung verlaufend und sich durchkreuzend, schwer zu verfolgen sind. Bei unserer Frucht aber ist von all den vielen Fasern des Grosshirns nur der eine als Haubenbahn bezeichnete Strang markhaltig. Nirgends im Grosshirn als an dieser Stelle finden sich markhaltige Nervenfasern. Deshalb ist es Flechsig zuerst gelungen, unter den vielen Bahnen des Grosshirns, die uns zum Theil noch recht wenig bekannt sind, die Haubenbahn als

distinctes Bündel zu entdecken und ihren Verlauf zum Theil klar zu stellen.

Die dritte Abbildung stellt einen Schnitt durch den Halstheil eines Rückenmarks dar, das einem Manne entstammt, der vor der Geburt den linken Vorderarm verlor. Sie sehen, dass die graue und die weisse Substanz, namentlich aber die erstere, links stark atrophisch sind. Die genauere Feststellung der Ausdehnung der Atrophie gestattete einen Schluss auf die Lage der centralen Enden der durchtrennten Nerven.

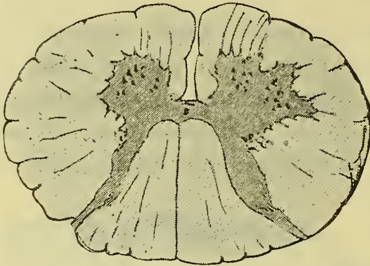


Fig. 3.
Schnitt durch das Halsmark eines 45jährigen Mannes, der mit einem kurzen Amputationsstumpf des linken Vorderarms zur Welt kam.

Das Verständniss für die allgemeine Morphologie des Centralnervensystems ist durch nichts mehr gefördert worden, als durch die vergleichende Anatomie und durch die Entwicklungsgeschichte. Speciell am Gehirn der Fische und Amphibien hat man Fragen von principieller Wichtigkeit zu lösen vermocht. Verdient um die vergleichende Anatomie des Gehirns haben sich namentlich Leuret und Gratiolet, Meynert, Gottsche, Miclucho-Maclay, Rabl-Rückhard, Wiedersheim, Guldberg, Ziehen und Kükenthal, Spitzka, C. L. Herrick und viele Andere gemacht.

Was wir von der Entwicklungsgeschichte der uns hier interessirenden Organe wissen, verdanken wir wesentlich Kölliker, His, Tiedemann, Reichert, v. Mihalkovics, Götte, Dursy, Löwe.

Die Ausbeute, welche die vergleichende Anatomie für die Lehre vom Faserverlauf ergeben hat, ist nicht so gross, als man erwarten dürfte. Gegenüber der Feststellung und Beschreibung der äusseren Form ist vielfach das Interesse am feineren Bau gering gewesen, obgleich ja eigentlich dieser der Kern und jene nur die äussere Schale ist. Dazu kam die Unzulänglichkeit der Methoden, mit denen man sich lange behelfen musste. Nur Wenige, unter denen Stieda, Mayser, Fritsch, Osborn, Bellonci und Ahlborn hier besonders genannt seien, vermochten in dem Gewirre der Bahnen, das auch bei den niedersten Wirbelthieren bereits vorhanden ist, einzelne Züge klar zu erkennen, einzelne Ganglien und Nervenursprünge zu unterscheiden. Denn so einfach und durchsichtig auch die äusseren Verhältnisse oft bei niederen Wirbelthieren sind, so ist doch der innere Bau, besonders in den hinter dem Zwischenhirn liegenden Hirngebieten, oft kaum minder complicirt, als bei den Säugethieren selbst. Die Zellen und Faserzüge, welche den einfachsten motorischen, sensorischen und psychischen Verrichtungen dienen, müssen ja wohl überall dieselben sein, und sie sind schon bei den Larven der Cyclostomen, nicht mehr ganz einfach, durchsichtig.

Ich habe daher versucht, dadurch der Lösung unserer Aufgaben etwas näher zu kommen, dass die vergleichend anatomische Methode mit derjenigen der Markscheidenentwicklung combinirt wurde. Wir können ja jetzt jede einzelne Markscheide färben und verfolgen. In der That gelang es der vergleichend entwicklungsgeschichtlichen Methode, bei den Embryonen der niederen Wirbelthiere endlich die gesuchten ganz einfachen Verhältnisse aufzufinden und eine Anzahl Nervenbahnen sicher als allen Wirbelthieren zukommend zu ermitteln.

Sie sehen, meine Herren, der Wege zum Ziele sind viele. Für jede einzelne Aufgabe wird man sich immer neu die Frage vorlegen müssen, welche Methode anzuwenden ist, vor Allem, wo man den einfachsten Verhältnissen zu begegnen erwarten darf. Selten nur wird die Untersuchung von Organen des erwachsenen Menschen zu sicherem Ziel führen, meist wird es nöthig werden, auf irgend einem Wege sich künstlich grössere Einfachheit zu schaffen.

Von Zeit zu Zeit hat man versucht, das, was über die feinere Anatomie des Centralnervensystems bekannt war, in eine schematische Zeichnung zu fassen. Die ältesten schematischen Darstellungen der Hirnfaserung, welche mir bekannt wurden, finden sich bei Descartes in dem Tractatus de homine, der 1662 erschien.

Von neueren hierher gehörigen Arbeiten sind namentlich die Rückenmarksschemata von Kölliker, Ludwig, Bidder und Leydig, dann das berühmte Schema von B. Stilling zu nennen. Grössere Gebiete noch umfassen Zeichnungen von Meynert (vom Rückenmark bis zu den Vierhügeln), von Aeby, von Flechsig und von Jelgersma (das ganze Centralnervensystem).

In den folgenden Vorlesungen, meine Herren, wollen Sie an vielen Stellen Wort und Bild auch nur als eine Art Schema betrachten. Sie verfolgen nur den Zweck, Ihnen die wichtigsten Thatsachen aus der Lehre vom Faserverlauf im Centralnervensystem möglichst übersichtlich vorzuführen. Dabei ist vieles Controverse, das sich noch nicht in den Gesammtplan einfügen lässt, nur kurz gestreift, gar manches Detail nicht erwähnt. Ueberall, wo es anging, sind nicht nur die auf rein anatomischem Wege gewonnenen Linien gezeichnet worden, sondern auch die Bahnen, welche aus gut beobachteten pathologischen Facten erschlossen werden konnten. Ein Schema ist nicht immer und überall ein Bild vom Faserverlauf; es ist oft genug nur die graphische Darstellung der Schlüsse, welche aus zahlreichen Beobachtungen gezogen werden konnten.

Ein Schema ist ein schwankes Gebäude; es muss bald da, bald dort ausgebessert werden; es wird oft genug des Niederreissens und des Wiederaufbauens einzelner Theile bedürfen. Man hat die Berechtigung bestritten, Schemata aufzustellen auf einem Gebiete, das noch so viele Lücken aufweist, wie unser Wissen vom Bau des Centralnervensystems. Lassen Sie es uns aber mit dem alten Burdach halten, der da 1819 schrieb: „Das Sammeln einzelner Baustoffe ist es doch nicht allein, was noth thut. In

jedem Zeitraume, wo eine neue Masse derselben gewonnen worden ist, mögen wir von Neuem daran gehen, sie zum Gebäude zu fügen. Durch solche Gestaltgebung wird das Fortschreiten des Forschungsgeistes zu neuen Entdeckungen keineswegs gehemmt; vielmehr erfahren wir gerade erst, wenn wir das Ganze überschauen, die Lücken unserer Kenntnisse und lernen einsehen, welche Richtungen die Forschung künftig nehmen muss. Möge der Versuch eines solchen Baues sich immer wiederholen. Keiner geht vorüber, ohne dem Wissen förderlich gewesen zu sein."

Von neueren Gesammtdarstellungen des Centralnervensystems seien die folgenden erwähnt: Kölliker, Handbuch d. mikrosk. Anat. Leipzig 1854. — Meynert, Vom Gehirne der Säugethiere: Stricker's Handb. d. Lehre von den Geweben. 1870. — Meynert, Psychiatrie I. Wien 1884. — Henle, Handbuch d. Anatomie d. Nervensystems. Braunschweig 1879. — Luys, Recherches sur le Système nerveux cérébrospinal. Paris 1865. — W. Krause, Handb. d. menschl. Anatomie. 1. Bd. Hannover 1876. — Wernicke, Lehrb. d. Gehirnkrankh. I. Cassel 1881. — Schwalbe, Lehrb. d. Neurologie. Erlangen 1881. (Enthält die meiste Litteratur bis 1881.) — Huguenin, Allg. Pathol. d. Krankh. d. Nervensystems. I. Zürich 1873. — Kahler, Nervensystem in Told's Gewebelehre. 2 Aufl. 1888. — Obersteiner, Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Centralorgane. 2. Aufl. Wien 1891. — Mendel: Artikel „Gehirn" in Eulenburg's Realencyklopädie. 2. Aufl. Wien 1886. — Féré, Traité élémentaire d'Anatomie médicale du système nerveux. 2. Aufl. Paris 1891.

Zweite Vorlesung.

Entwicklungsgeschichtliches und Histologisches.

Meine Herren! Das hohle Medullarrohr des Wirbelthier-Embryo zeigt schon frühzeitig an der Stelle, wo das Gehirn sich entwickelt, drei bläschenförmige Ausbuchtungen: das primäre Vorderhirn, das Mittelhirn und das Hinterhirn. Das letztere zerfällt bald dadurch, dass im vorderen Theil seines Daches das Cerebellum auftritt, in zwei Theile, das eigentliche Hinterhirn und das Nachhirn. Die Wand, welche vorn das primäre Vorderhirn abschliesst, wird embryonale Schlussplatte genannt. Vor dieser legen sich bei fast allen Wirbelthieren früh zwei Bläschen an, die Hemisphären oder das secundäre Vorderhirn. Beim Menschen geschieht das in der Weise, dass nach der 4. Woche die „Sichelfalte" von oben her das Dach des Gehirns eintreibt, die Wand vor sich herstülpt und so zwei Hälften erzeugt.

Die Hemisphären, welche anfangs sehr unscheinbare kleine Gebilde sind, wachsen bei den Säugern bald enorm aus, krümmen sich nach rückwärts und überdecken so allmählich die meisten anderen Blasen. Sie sitzen schliesslich einer Kappe gleich über dem Zwischenhirn (Thalamus), dem Mittelhirn (Corpora quadrigemina) und dem Hinterhirn (Cerebellum und Pons).

Natürlich communiciren die Hohlräume der verschiedenen Gehirnblasen, welche später Ventrikel des Gehirns heissen, trotz dieser Rückwärtsbeugung der vordersten Blase weiter mit einander.

Nach dem Auftreten des secundären Vorderhirns wird das primäre als Zwischenhirn bezeichnet. Das Dach dieses Zwischenhirns bleibt zeitlebens fast in seiner ganzen Länge eine einfache Epithelschicht. Da wo es in das Vorderhirn übergeht, wachsen aus der Schädelhöhle reichliche Gefässe herunter, welche diese Epithelplatte vor sich hertreiben. Der so in die Hirnhöhle hineinragende epithelbedeckte Gefässzapfen heisst Plexus choroideus. Da die Hemisphären aus dem Zwischenhirn herausgewachsen sind, so muss ihr innerer Rand in jenen Plexus übergehen. Auf dem Fig. 6 abgebildeten Frontalschnitt durch das Vorderhirn eines frühen menschlichen Embryos wird das deutlich. Auf diesem sehen Sie auch, dass die Höhle des unparen primären Vorderhirns als Ventriculus medius, die der Hemisphären als Ventriculus lateralis bezeichnet wird. Der Plexus choroideus sendet in die Seitenventrikel Ausläufer, Plexus choroidei laterales. Die Stelle, wo die Hemisphärenwand in die einfache Epithelschicht übergeht, wird als Rand der Hemisphäre bezeichnet. Dieser Rand ist in seiner ganzen Länge später durch ein weisses Faserbündel, den Fornix, markirt.

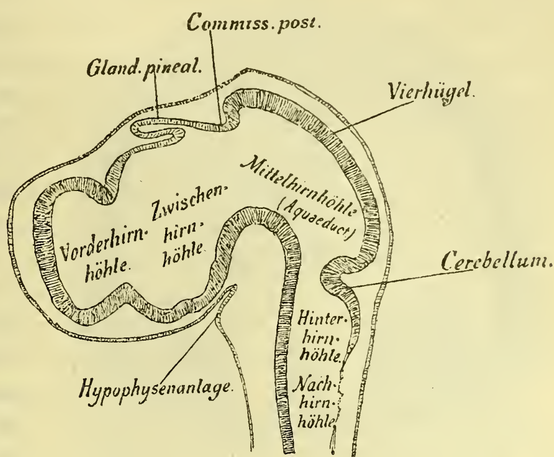


Fig. 4.
Längsschnitt durch den Kopf eines Hühnerembryos von $4^1/_2$ Tagen. Die 5 Hirnblasen meist deutlich von einander abgegrenzt. Am Dache des Zwischenhirns eine Ausstülpung, welche später zur Glandula pinealis wird. Das Epithel des Gaumens stülpt sich nach der Hirnbasis zu ein und bildet so die erste Anlage eines Theiles der Hypophysis. Nach Mihalkovics.

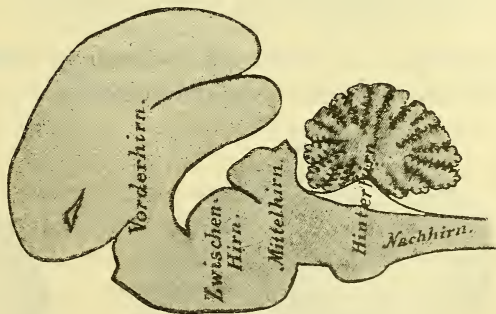


Fig. 5.
Längsschnitt durch das ganze Gehirn einer neugeborenen Katze; das Zwischen- und Mittelhirn vom Vorderhirn bedeckt. Vergr. 1 : 2.

Wenn die wichtigsten Gebilde des menschlichen Vorderhirns angelegt sind, hat es das in nachstehender Fig. 7 wiedergegebene Aussehen. Es ist nach hinten ausgewachsen, und auch nach unten hat es sich gekrümmt.

Da wo innen in den hohlen Raum der Hemisphären das später zu nennende Corpus striatum hineinragt, hat sich die Aussenwand nicht so ausgedehnt, wie an den anderen Vorderhirntheilen. So ist im Verhältniss zur Umgebung dort eine Vertiefung aufgetreten, resp. zurückgeblieben, die Fissura oder Fossa Sylvii. Leicht kann nun an den Hemisphären auch schon ein vorderer oder Frontallappen, ein hinterer oder Occipitallappen, zwischen beiden ein Parietallappen unterschieden werden. Der nach unten von der Fissura Sylvii liegende Theil der Hemisphärenwand heisst Temporallappen. Innen sind die Hemisphären hohl, und folgt die Ventrikelhöhle natürlich der allgemeinen Hirnform. Man hat den Ventrikeltheil, welcher im Stirnlappen liegt, als Vorderhorn, den im Hinterhauptlappen als Hinterhorn und den im Schläfenlappen als Unterhorn bezeichnet. In diesem Entwicklungsstadium verlangt unser besonderes Interesse noch die mediale Hemisphärenwand. Dass dieselbe an ihrem

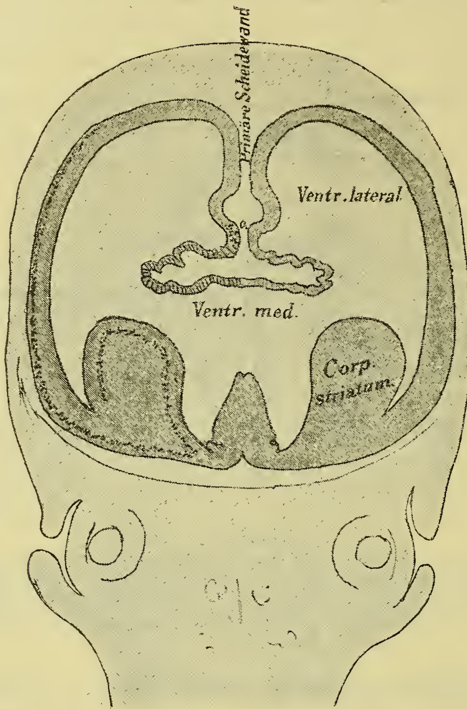


Fig. 6.
Frontalschnitt durch den Kopf eines menschlichen Embryo von $2^1/_2$ Monaten, zeigt die Einstülpung der Vorderhirnblase (etwas schematisirt) und die Anlage des Corpus striatum.

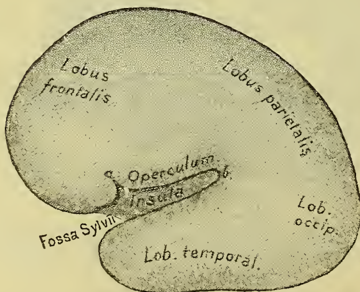


Fig. 7.
Das Gehirn einer menschlichen Frucht aus dem vierten Schwangerschaftsmonate.

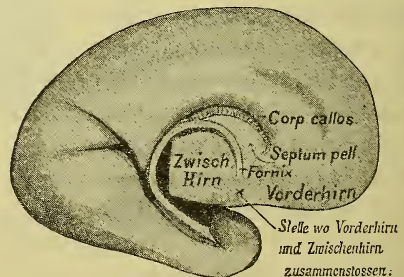


Fig. 8.
Innenansicht der auf Fig. 7 abgebildeten embryonalen Hemisphäre; zeigt den inneren unteren Rand der Hemisphäre, welcher zum weissen Markstreif des Fornix verdickt ist. Derselbe wird aber erst nach der Geburt markweiss.

ventralen Rande überall in das Epithel des Plexus choroides übergeht, haben Sie vorhin erfahren. Das ändert sich auch nicht, wenn sie sich mit

dem Schläfenlappen nach unten krümmt. Von der Basis der embryonalen Schlussplatte bis in die Spitze des Schläfenlappens zieht im Bogen diesen Rand bezeichnend der Fornix daher. Im vorderen Theil des Gehirns entwickeln sich etwas dorsal vom Fornix die Balkenfasern. Sie ziehen zwischen beiden Hemisphären in einer Linie dahin, welche zum Fornix in spitzem Winkel steht. Das Stück, das zwischen Balken und Fornix übrig bleibt, das also aus zwei dünnen Blättern der primären Hemisphärenscheidewand besteht, ist das Septum pellucidum. Das sind wichtige Verhältnisse, die ich Sie genau an den gegebenen Abbildungen zu studiren bitte.

An dem Fig. 6 abgebildeten Schnitte erkennen Sie ein anatomisches Verhältniss, dessen bislang noch nicht gedacht wurde. — Am Boden des Vorderhirns liegt eine Verdickung der Wand, welche frei in den Ventrikel hineinragt, das Stammganglion, Corpus striatum. Es ist beim Embryo von einer dichten Schicht von Zellen da überdeckt, wo es an den Ventrikel angrenzt. Aus dem Corpus striatum entspringen, wie aus der Hirnrinde, Nervenfasern.

Viele Fasern, welche im Vorderhirn entspringen und zu tiefer gelegenen Theilen des Centralnervensystems ziehen, müssen, um dahin zu gelangen, mitten durch das Corpus striatum hindurch. Es wird dies daher von den durchpassirenden Fasermassen in zwei Theile gespalten, in einen äusseren und einen inneren. Man hat den ersteren Nucleus lentiformis, den letzteren Nucleus caudatus benannt. Die Fasermasse zwischen beiden hat den Namen Capsula interna empfangen. Beim Embryo von 4 Monaten ist die Theilung des Corpus striatum bereits deutlich, Nucleus lentiformis und Nucleus caudatus erscheinen als selbständige graue Massen.

Das Corpus striatum liegt der ganzen Länge des Hemisphärenbodens an. Hinten ist es jedoch sehr schmal, und es bleibt eigentlich nur der mediale Theil überall nachweisbar, der als Schwanz des Nucleus caudatus auf allen Querschnitten durch das Grosshirn getroffen wird. Der laterale Theil, der Nucleus lentiformis, ist bedeutend kürzer. Der Nucleus caudatus ragt frei in den Ventrikel hinein. Auch der Nucleus lentiformis thut es anfangs. Im späteren Embryonalleben aber wird die schmale Spalte zwischen ihm und der Hemisphärenwand so eng, dass sie nicht mehr nachweisbar bleibt. Immer aber kann man die Hemisphärenwand auch beim Erwachsenen noch, ohne Zerreissung von Fasern vom äusseren Rande des Nucleus lentiformis abziehen. Beim ausgewachsenen Gehirn kommt die Stelle des einstigen Spaltes sogar zuweilen zu wichtiger Geltung. Dort erfolgen nämlich ganz besonders leicht die Hirnblutungen, und die austretende Blutmasse erfüllt, wenn sie noch nicht zu gross ist, den Raum zwischen Hemisphärenwand und Aussenglied des Linsenkerns.

Ueber die **gewebliche Entwicklung des Gehirns** ist das Folgende ermittelt:

Schon sehr früh treten in der Markplatte, dem geschichteten Epithel, aus welchem das ganze Centralnervensystem wird, Veränderungen

auf, welche zur Bildung von verschiedenen Zellarten führten. Zwischen den Epithelien entstehen, aus ihnen selbst, die Keimzellen, grosse runde protoplasmareiche Gebilde, die Anlagen der zukünftigen Ganglienzellen. Aus ihnen wächst später der Axencylinderfortsatz aus, und noch später treten zahlreiche Nebenfortsätze am Zellkörper auf, die Zelle so zu einem multipolaren Gebilde stempelnd.

Die Epithelzellen bleiben zum Theil als Umgrenzung des centralen Hohlraumes des Nervensystems bestehen. Dann senden sie, bei allen niederen Wirbelthieren dauernd bis in das reife Leben, peripherwärts einen Ausläufer, der sich zumeist etwas verzweigt und erst an der Peripherie dicht unter der Pia sein Ende erreicht. Dort trifft man oft eigenthümliche Anschwellungen der Zellenden, aus denen, ganz wie bei den Epithelien der Sinnesorgane, ein dünner Stift herausragt. Beim Menschen und den höheren Säugern scheinen in der postembryonalen Periode die Endausläufer der Epithelien nicht mehr überall bis an die Peripherie zu reichen. Das Epithel des Centralnervenrohres trägt Flimmern.

Aber lange nicht alle Epithelien werden zur Umkleidung des Hohlraumes gebraucht. Es entstehen durch Zelltheilung sehr viel mehr neue Gebilde, und man kann erkennen, dass diese dann weiter und weiter vom Hohlraum abrücken, mit dessen Rand sie oft noch durch einen dünnen Faden zusammenhängen. Die Endausläufer dieser Zellen bilden, sich verzweigend, ein Netzwerk, welches beim Erwachsenen vielleicht die ganze Substanz des Centralnervensystems durchzieht, sich auch in bestimmten Zonen mehr als in anderen verdichtet. Diese Zellen, welche einen Theil des Gerüstwerkes herstellen, nennt His, ihr Entdecker, Spongioplasten, die unfertigen Ganglienzellen hat er als Neuroblasten bezeichnet.

Nach den bei den Wirbellosen vorliegenden Verhältnissen zu schliessen, möchte es scheinen, dass die peripheren Nerven, mindestens zum Theil, in der Peripherie zuerst auftreten. Neuerdings aber hat His wenigstens für die Wirbelthiere nachgewiesen, dass sich für die in diesen Nerven enthaltenen Fasern zwei ganz verschiedene Ursprungsarten nachweisen lassen. Alle motorischen Wurzeln entstehen als Axencylinderfortsätze von im ventralen Theil des Nervenrohrs liegenden Zellen. Jede Zelle sendet ein Fäserchen aus, das an die Oberfläche tritt und dort sich mit den Nachbarfasern zur Bildung eines ventralen Wurzelbündels vereint. Die sensorischen Wurzelfasern, die zumeist dorsal abgehen, haben eine ganz andere Herkunft. Sie entstehen nämlich nicht im Centralorgan, sondern ausserhalb desselben, in den Ganglien, welche, neben diesem liegend, es auf seiner ganzen Länge begleiten. Die Zellen dieser Ganglien (Spinalganglien und Ganglien der Hirnnerven) wachsen nach zwei Seiten zu Fasern aus. Eine dieser Fasern tritt in das Centralorgan ein, die andere wächst als sensorischer Nerv nach der Peripherie.

Die Ganglien, welche für das periphere Nervensystem eine so wichtige Rolle zu spielen berufen sind, bilden in ihrer ersten Anlage jederseits von der Medullarlinie einen Strang, der bald mit dem der anderen Seite verwächst.

So liegt eine Zeit lang die nun unpaare Ganglienleiste dorsal vom Nervenrohr, dieses abschliessend. Durch Wachsthumsprocesse wird sie aber aus ihm herausgedrängt, sie zerfällt wieder in zwei Stränge, von denen jeder neben dem Medullarrohr liegt und bald segmentale Verstärkungen zeigt. Aus dieser Ganglienleiste entsteht neben dem secundären Vorderhirn die Riechgrube, neben dem Zwischen-, Mittel- und Hinterhirn der Complex der Trigeminusganglien; neben dem Nachhirn sieht man aus der Ganglienleiste die Ganglien des Acustico-Facialis, des Glossopharyngeus und des Vagus entstehen. Auch die Gehörgrube, die zwischen diesen liegt, ist wahrscheinlich aus der Ganglienleiste abzuleiten (His, oppos. Beard). Weiter hinten folgen auf die genannten Ganglien der Hirnnerven die Spinalganglien längs des Rückenmarkes.

Die Wurzeln aller der eben genannten sensorischen Schädelnerven und die hinteren Wurzeln des Rückenmarks wachsen also erst aus den Ganglien in das Centralorgan hinein. Im Rückenmark entspricht im Allgemeinen je eine dorsale sensorische einer ventralen motorischen Wurzel, im Gehirn ist das aber nicht so. Die Gliederung der motorischen Kerne entspricht derjenigen der Gangliencomplexe nur in sehr ungenauer Weise, es kommen der Ganglienleiste mehr Glieder zu, so dass auf einen Gangliencomplex mehrere motorische Nervenkerne fallen.

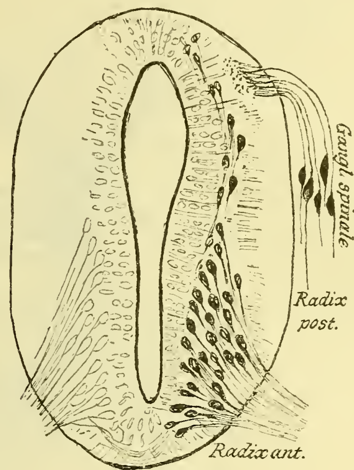


Fig. 9.
Rückenmarksdurchschnitt eines menschlichen Embryo von 4 Wochen. Man sieht ventral die vordere Wurzel aus Zellen des Markes sich entwickeln. Dorsal wächst (nach einer Frucht von $4^1/_2$ Wochen) die hintere Wurzel aus Zellen des Spinalganglions ein. (Combinirt aus Abbildungen von His.)

Wie die anderen sensiblen Nerven entsteht auch der Olfactorius als eine vom Gehirn zunächst unabhängige Ganglienanlage, dorsal von der Nase. Aus dieser wachsen Nervenfasern gehirnwärts und wandern auch Ganglienzellen in gleicher Richtung. Der ganze Complex — Riechganglion (His) — lagert sich später an eine basale Ausstülpung der Vorderhirnwand, den Lobus olfactorius an, mit dem er so verwächst, dass im späteren Leben eine Scheidung nicht mehr leicht ist.

Ist das Centralnervensystem einmal über die ersten Entwicklungsstadien hinaus, so zeigen sich histologisch schon im Wesentlichen die Verhältnisse, denen man im ausgebildeten Zustande begegnet.

Diesen wollen Sie nun für kurze Zeit Ihre Aufmerksamkeit schenken.

Das ganze Centralorgan wird aufgebaut von der Gerüstsubstanz und der Nervensubstanz. Die erstere wird zunächst repräsentirt durch die Scheiden der zahlreichen Gefässe, welche als stärkeres Gerüst das Organ überall durchziehen, dann aber durch die Neuroglia.

Die Neuroglia besteht aus einer ungeheuren Masse feiner Fädchen von recht verschiedenem Kaliber, welche das ganze Centralorgan durchziehen und, indem sie unendlich viele Ueberkreuzungen haben, ganz das

Bild eines feinen Flechtwerkes darstellen. An manchen dieser Ueberkreuzungsstellen liegen dünne Zellplättchen den Fasern an. So entsteht der Anschein, dass die Gliafasern aus diesen Zellen — „Deiters'sche Zellen" entspringen (c der Figur 10).

Das Netz der Neuroglia verhält sich an verschiedenen Stellen des Centralnervensystems etwas verschieden und bildet hier und da dichte, zum Theil von Nervensubstanz ganz freie Anhäufungen; es überzieht namentlich eine breite Zone fast reiner Gerüstsubstanz die ganze Oberfläche von Gehirn und Rückenmark, erstreckt sich auch zapfenförmig in die einzelnen Wurzeln noch ein Stück hinein. Ebenso begegnet man nahe der inneren Oberfläche des Centralnervensystems, dicht unter dem Epithel, das diese auskleidet, einer besonders reichen Entwicklung von Neuroglia. In der grauen Substanz ist das Flechtwerk dichter als in der weissen. Grössere Nervenzellen werden häufig so umsponnen, dass sie in einem engmaschigen Korbe zu liegen scheinen.

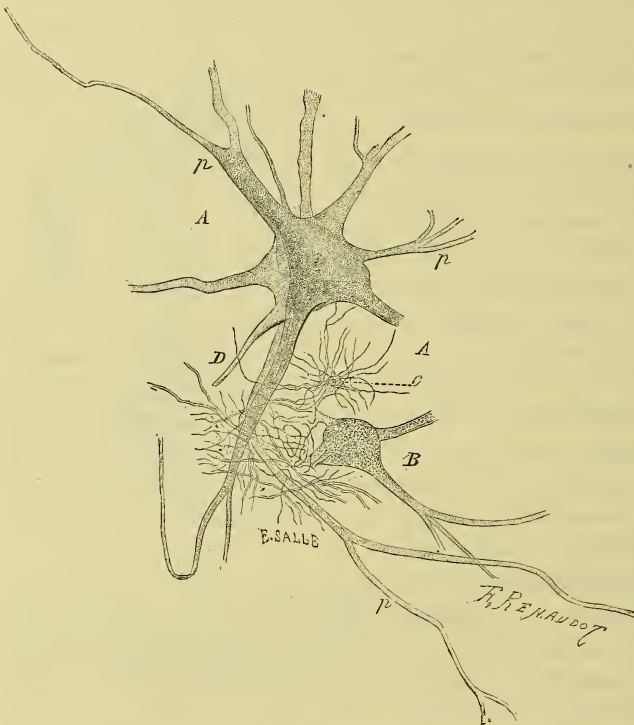


Fig. 10.
Nach Ranvier. Aus einem Rückenmarksstückchen. *A* u. *B* Ganglienzellen, bei *D* Axencylinder, *p* Protoplasmafortsätze, *C* Neurogliazellen.

Die Neuroglia ist ein ganz eigenartiges Gewebe, das nur im centralen Nervensystem bis jetzt gefunden worden ist — nur der Sehnerv besitzt noch Glia —, das sich durch seine Färbungsverhältnisse absolut von anderen Gewebsarten abgrenzen lässt, und das sich auch bei pathologischen Processen in besonderer Weise verhält. Wenn irgendwo im Centralnervensystem Nervensubstanz durch Erkrankung ausfällt, so wandert immer Glia in die leer werdenden Stellen. Nur wo auch ihre Elemente, wie das bei Substanzdefecten ja vorkommt, mit zerstört worden sind, und wo ihre Wachsthumsenergie allein nicht zur Ausfüllung grosser Defecte genügt, nur da kommt es zur eigentlichen Bindegewebswucherung.

Es ist schon erwähnt worden, dass die Epithelien des Centralcanales

und der Ventrikel lange Ausläufer in die Nervensubstanz hineinsenden. Beim Menschen gehen diese nur an wenigen Stellen bis hinaus zur Oberfläche. Diese Fasern, von denen ich hier eine lehrreiche Abbildung vorlegen kann, gehören natürlich auch zum Stützgewebe. Ob die ganze Neuroglia von den ausgewanderten Epithelzellen des centralen Hohlraumes stammt, oder ob sich ihr, was nicht sehr wahrscheinlich, später in der Entwicklungszeit noch bindegewebige Elemente beimischen, das ist noch

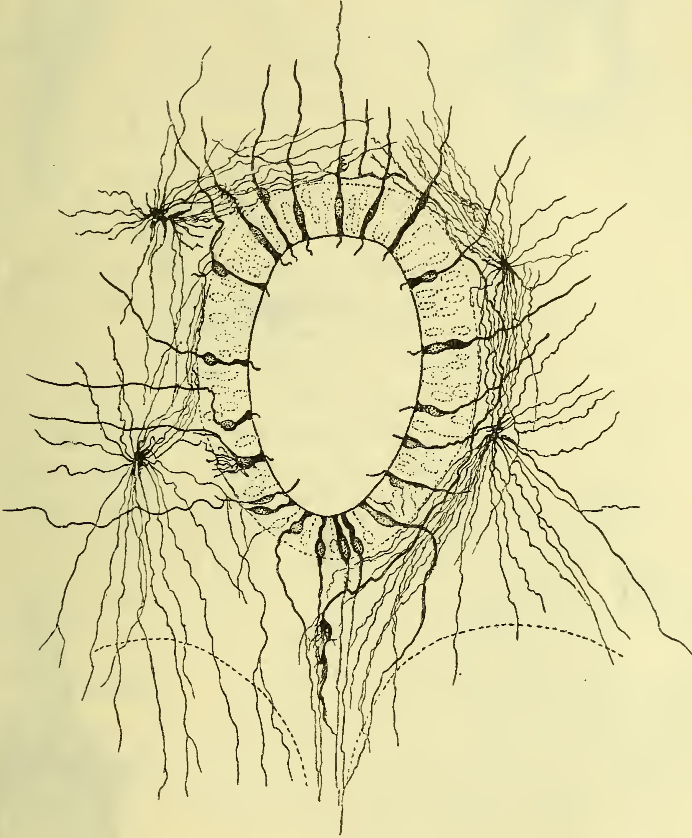


Fig. 11.

Epithelzellen und Neurogliazellen in der Umgebung des Centralkanals. Schnitt durch das Rückenmark eines menschlichen Embryo von 23 Cm. Länge. Nach Lenhosseck. Behandlung mit der Golgi-Cajal'schen Methode. Man beachte, dass nur ein Theil der Zellen den Silberniederschlag angenommen hat. Das ist ein Vortheil des in der Einleitung erwähnten Verfahrens, weil es nur dadurch bei dem grossen Faserreichthum möglich wird, das, was zu einzelnen Zellen gehört, richtig zu erkennen.

nicht sicher entschieden. Die Frage also, ob es nicht etwa zweierlei Stützgewebe, ein bindegewebiges und ein epitheliales, giebt, ist noch offen. So weit wir bisher diese Dinge kennen, ist eine einheitliche Abstammung vom Epithel des centralen Hohlraumes wahrscheinlicher.

Auf der Abbildung Figur 12 finden Sie einen Schnitt durch das Neuroglianetz der grauen Substanz beim erwachsenen Menschen, wie es sich durch die Weigert'sche Färbung darstellen lässt.

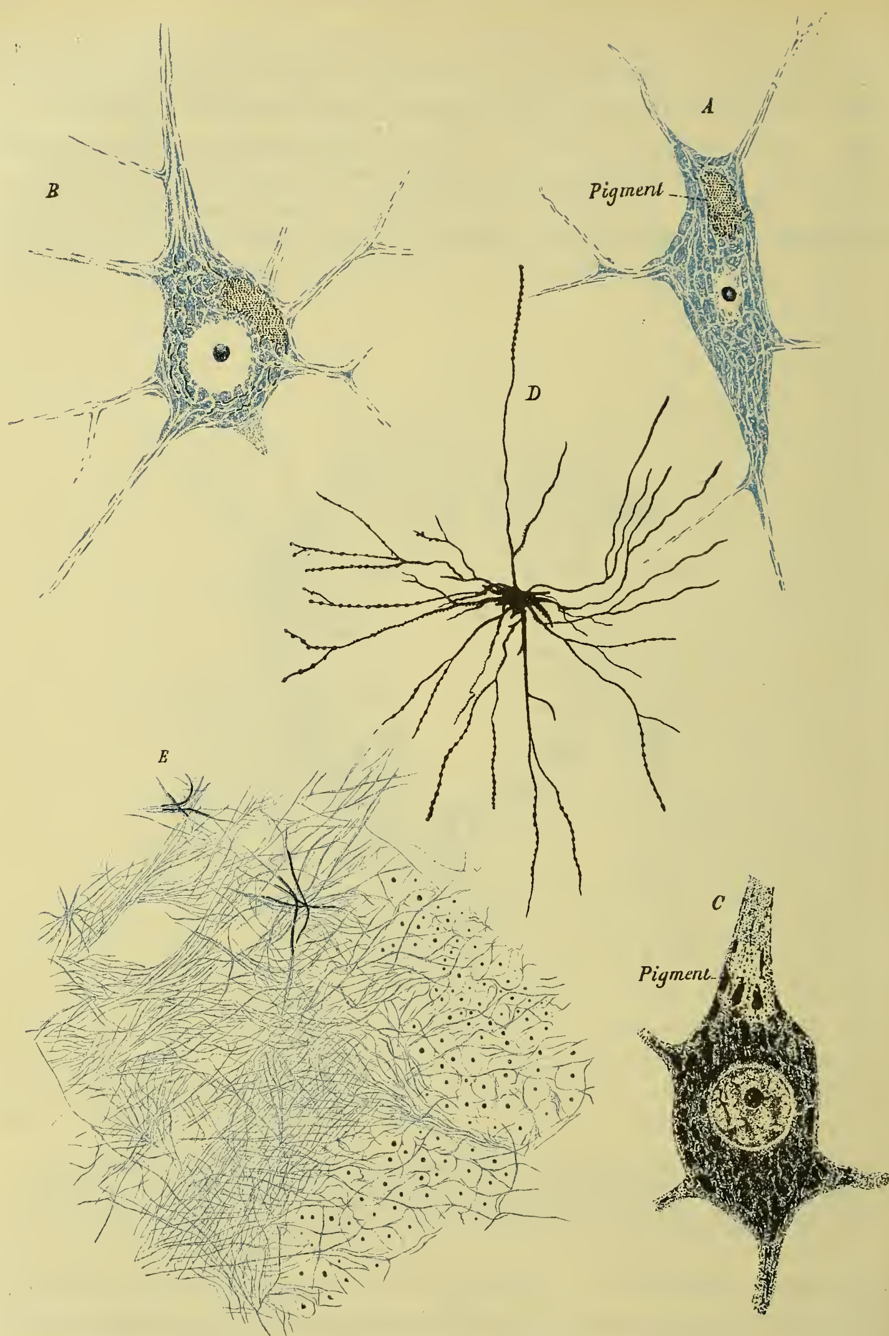


Fig. 12.

A und *B* Zellen des Vorderhornes aus dem menschlichen Rückenmarke nach Originalpräparaten von Nissl. Fixirung in Alkohol, Färbung der Zellgranula durch Methylenblau. *C* Gleiche Fixirung, Färbung mit Hämatoxylin zur Demonstration der Kernstructur. *D* Ganglienzelle aus dem Vorderhorn vom fötalen Hunde. Nach einem Originalpräparat von Ramon y Cajal gezeichnet. Silberniederschlag auf und in der mit Chromosmiumsäure fixirten Zelle und ihren Ausläufern. Von den letzteren ist ein grosser Theil abgeschnitten, nur die Stümpfe sind in der Figur noch sichtbar. Der Reichthum an Ausläufern ist also grösser. *E* Neuroglia an der Grenze von weisser und grauer Substanz. Nach einem Originalpräparat von C. Weigert. Neurogliafasern blau, Axencylinder schwarz.

Das eigentliche Nervengewebe, welches die Hohlräume des geschilderten Netzwerkes erfüllt, besteht aus Ganglienzellen und Nervenfasern. Die Gestalt der Ganglienzellen ist eine ausserordentlich verschiedene. Rundliche, fast kugelförmige Gebilde von geringer Grösse mit spärlichen Fortsätzen, multipolare Organismen mit zahlreichen Ausläufern von der zwanzigfachen Grösse jener kleinsten Zellen kommen vor. Im Lobus nervi vagi von Torpedo und im verlängerten Mark der Neunaugen liegen so enorme Ganglienzellen, dass man sie leicht mit blossem Auge sieht; ja wir kennen im Rückenmark des elektrischen Aals, des Malapterurus, zwei isolirt liegende Ganglienzellen von solcher Grösse, dass die mächtige einzige Nervenfaser, welche jede aussendet, genügt, um das ganze, sehr grosse elektrische Organ zu innerviren. Auch je nach der technischen Behandlung des Präparates erhält man sehr verschieden aussehende Bilder von Ganglienzellen. In Figur 10 sind zwei Ganglienzellen abgebildet, wie sie sich nach Behandlung mit Carmin und Picrocarmin darstellen. Figur 12 zeigt dann in der Mitte eine nach Golgi behandelte Zelle, an der der Silberniederschlag in einer bisher unerreicht schönen Weise die Ausläufer erkennen lässt. Von der Structur der Zelle ist aber nichts zu erblicken. Structurbilder, wie sie namentlich bei Untersuchungen im Bereich der Pathologie wichtig sind, bekommt man nur auf anderen Wegen. Die zwei stark vergrösserten Zellen oben an Figur 12 zeigen, was bisher hier die mikroskopische Technik leistet. Viele Ganglienzellen führen Pigment von braungelber Farbe. In den beiden erwähnten Zellen ist seine Lage durch die schwarze Schraffirung angedeutet.

Aus den Ganglienzellen stammen die Nervenfasern. R. Wagner hat zuerst gezeigt, dass aus vielen dieser Zellen nur ein Fortsatz direct bis in den Nerv hinein verfolgt werden kann, und andere Forscher haben das bestätigt. Diesen Fortsatz bezeichnet man als „Axencylinderfortsatz“, oder als „Stammfortsatz“. Was aus den Axencylindern wird, welche nicht in Nerven gehen, welche Rolle die anderen Fortsätze der Zelle, die „Protoplasmafortsätze“ oder „Dendriten“ spielen, das blieb ganz dunkel, bis Gerlach 1870 angab, alle jene Fortsätze bildeten unter einander ein Netz, und diesem entstammten dann wieder Nervenfasern.

Im Laufe der letzten Jahre haben unsere Kenntnisse hier eine ganz ungeahnt grosse Erweiterung erfahren. Ermöglicht wurden diese durch die Fortschritte der histologischen und der farbenphysiologischen Technik. Es ist zuerst Bellonci durch Osmiumfärbungen, dann in noch überzeugenderer Weise Golgi durch Behandlung der Zellen mit Sublimat- oder auch mit Silberniederschlägen gelungen, nachzuweisen, dass aus einigen Zellen die Axencylinder direct in Nervenfasern übergehen, dass aus anderen Zellen aber Axencylinder stammen, welche sich zu einem Netz verzweigen. An der Bildung dieses Netzes sollen auch Seitenzweige der Axencylinder theilnehmen, welche von den Zellen des erst geschilderten Typus stammen. Aus dem Nervennetz gingen dann, meinte Golgi, wieder

Nervenfasern hervor. Es gäbe also eine doppelte Ursprungsart von Nervenfasern: eine directe, und eine erst durch ein Netz vermittelte. Die Dendritenfortsätze der Zellen sollten mit der Bildung von Nervenfasern nichts zu thun haben. Ihnen falle vielmehr vielleicht eine ernährende Rolle zu.

Was Golgi aus zahlreichen, zum Theil sehr complicirten Bildern von der Hirnrinde und dem Rückenmarke des Menschen und der Säuger geschlossen hatte, das hat B. Haller, welcher an den Ganglien von Mollusken und Würmern arbeitete, wo die histologischen Verhältnisse sehr übersichtlich sind, direct zu sehen vermocht. Nach seiner Ansicht stammt aber jenes Netz aus den unter sich wesentlich gleichwerthigen Zellfortsätzen. Durch diese Arbeiten, ebenso durch Studien von Nansen u. A. schien der Nachweis erbracht, dass es eine doppelte Ursprungsart von Nervenfasern, eine directe und eine vermittelte, gebe. Aber es hat sich bald gezeigt, dass diese schönen Funde nur den Weg zu anderen, viel weiter tragenden eröffnet hatten, dass sie nur einen Theil der Wahrheit enthielten.

Ein spanischer Gelehrter, S. Ramon y Cajal, der mit der Golgi'schen Silbermethode arbeitete, hat in rascher Folge eine Anzahl von Arbeiten veröffentlicht, deren Resultate, durch Kölliker, Gehuchten, Waldeyer, Lenhosseck u. A. controlirt und erweitert, uns zu neuen Anschauungen hier führen. Noch stehen wir im Flusse der wechselnden Meinungen, täglich werden neue Beiträge zu der hier interessirenden Frage gebracht. Aber schon können wir uns ein Bild machen, wie es um den feineren Zusammenhang der Elemente im Centralnervensystem bestellt ist. Dies Bild, dass ich Ihnen gleich entwickeln werde, ist aber nicht allein gegründet auf die Resultate rein anatomisch-technischer Forschung. Nein, in der gleichen Zeit, wo uns histologische Präparate zu den neuen Anschauungen brachten, kam aus Gründen, welche die Entwicklungsgeschichte bot, His, kamen nach Studien im Bereich der Pathologie Forel, dann auch Monakow zu einer Auffassung vom Ursprung und Ende der Nervenbahnen, die sich fast deckt mit dem, was auf anatomischem Wege gefunden ist. Ja es ist schliesslich Retzius gelungen, an lebenden Nervenzellen bei vielen niederen Thierordnungen durch die vitale Methylenblaureaction Vieles zu demonstriren, was sich dem aus Präparaten Erschlossenen gut einreiht.

Im Laufe der Vorlesungen wird sich öfter Gelegenheit finden, Kenntniss von den Einzelfacten zu geben, auf welche sich die neue Erkenntniss aufbaut. Heute will ich Ihnen nur mittheilen, wie wir uns, gestützt auf von so verschiedenen Seiten zusammengebrachte Beweise, augenblicklich den histologischen Aufbau des Nervensystems vorstellen dürfen.

Die Ganglienzellen entsenden gemeinhin zweierlei Fortsätze von ihrem Körper: einen gleichmässig feineren Fortsatz, den Stammfortsatz oder Axencylinderfortsatz, welcher der Zelle zuerst entsprosst, und die dickeren, sich immer verzweigenden Dendriten oder Protoplasmafortsätze, welche entwicklungsgeschichtlich etwas später auftreten. Der Stammfortsatz endet,

wie es scheint, immer in einer Verästelung. Man kann nun zweierlei Zellen unterscheiden: solche, bei denen der Fortsatz so kurz ist, dass jene Verästelung dicht an der Zelle liegt (s. Fig. 49*g*) und solche mit langhin verlaufendem Stammfortsatze (ebenda *d* und *f*). Auf seinem zuweilen viele Centimeter langen Wege giebt ein solcher Fortsatz reichlichere oder spärlichere Seitenästchen, „Collateralen", ab. Auch diese enden, wie der Fortsatz selbst, mit feiner Aufsplitterung. Wir wissen schon lange, dass der Axencylinder der Nervenfasern aus zahlreichen Einzelfäserchen gebildet ist. So hat es nichts Auffallendes, wenn wir jetzt erfahren, dass sich einzelne dieser Fäserchen während des Verlaufes abtrennen. Die Dendritenfortsätze verzweigen sich zu mehr oder weniger reichlichem Astwerk, an dem noch durch Aufsitzen von kleinen gestielten Knötchen — s. bei 1. Fig. 49 — eine Oberflächenvergrösserung eintreten kann. Ein Uebergehen von Dendritenfasern in Nervenbahnen ist nicht nachgewiesen.

Die entwicklungsgeschichtliche Einheit: Ganglienzelle, Axencylinder, Aufsplitterung bezeichnet man als Neuron. Aus zahlreichen über einander gebauten Neuronen ist wahrscheinlich das ganze Nervensystem aufgebaut.

Das sind die Grundthatsachen. Sie werden mit ihnen am besten bekannt, wenn Sie erfahren, was wir über den Ursprung und Verlauf der peripheren und centralen Innervationsbahnen bereits wissen.

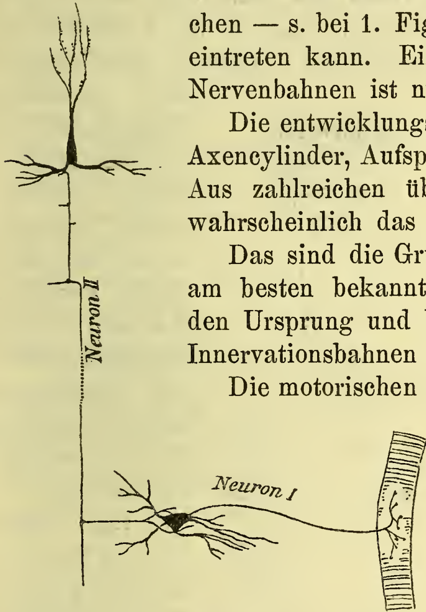


Fig. 13.
Schematische Darstellung des Verhaltens von Ganglienzelle und Nerv in einem Theile des motorischen Innervationsweges.

Die motorischen Nerven entspringen aus grossen Ganglienzellen, welche im Vorderhorne des Rückenmarkes liegen. Aus diesen Zellen entspringt je ein Axencylinder. Der tritt aus dem Rückenmarke heraus als Wurzelfaser und dann in einen Nervenstamm ein. Da verläuft er weiter, bis er sich im Muskel zur „Endplatte" aufzweigt (Fig. 13).

Man bezeichnet das Stück der Innervationsbahn, welches von der Peripherie bis zur ersten Endigung im Centralorgan reicht, als Bahn erster Ordnung. Diese Bahnen erster Ordnung, z. B. der Abschnitt Vorderhorn, Nerv, Muskelendigung, sind durch ihr eigenthümliches Verhalten bei Erkrankungen schon seit Jahren von der Pathologie erschlossen und von den Bahnen höherer Ordnung getrennt worden.

Die Weiterleitung der nervösen Vorgänge erfolgt in der Weise, dass sich an die Bahn erster Ordnung eine oder mehrere Bahnen zweiter, dritter u. s. w. Ordnung anschliessen. Alle bestehen aus dem Stück: Ganglienzelle, Axencylinder, Aufsplitterung. Kehren wir zum gewählten Beispiele zurück, so finden wir, dass sich um die reichen Dendriten, welche

die Vorderhornzelle aussendet, eine Menge feiner Fäserchen verzweigen, Fäserchen, welche sie umfassen, ohne, so weit man bis jetzt weiss, sich direct mit ihnen zu verbinden. Diese Fasern sind zum Theil Collateralen aus einer Bahn, von der wir nach in der Pathologie gemachten Erfahrungen wissen, dass sie aus grossen Zellen in der Hirnrinde (Fig. 49*f*) abwärts durch das Gehirn und das Rückenmark verläuft. Diese Bahn, welche also wieder besteht aus den Abschnitten: Hirnzelle, absteigender Nerv, Collaterale, Aufsplitterung, ist geeignet, die Verbindung zwischen der Muskelendigung und der Hirnrinde herzustellen; es ist das centrale Stück des motorischen Innervationsweges, oder doch ein Theil dieses Weges. Dies nun ist die motorische Bahn zweiter Ordnung. Wie viele Bahnstücke zur Unterlage des ganzen motorischen Vorganges nothwendig sind, wissen wir noch nicht. Auf Fig. 49 erkennen Sie, dass um die Dendriten der grossen Rindenzellen, aus denen die secundäre motorische Bahn stammt, sich verzweigte Axencylinder aus anderen Rindenzellen herumlegen. Das wäre schon eine Bahn dritter Ordnung. Versuche mit künstlich gesetzten Entartungen allein werden uns hier weiter bringen können.

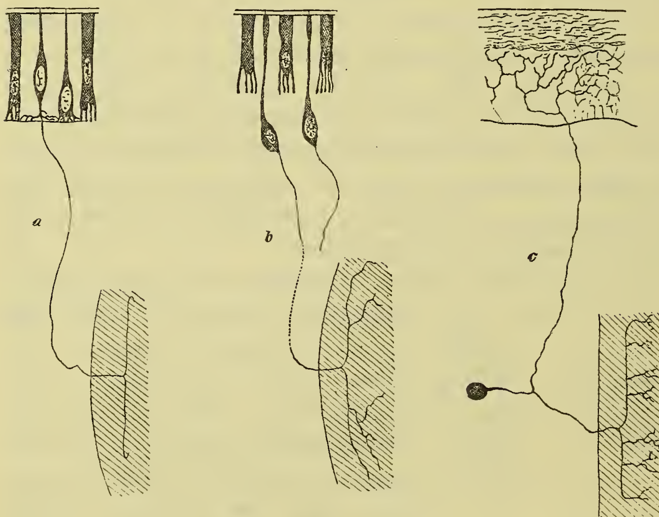


Fig. 14.
Nach Retzius. *a* Sinnesepithelien des Regenwurmes. *b* Ebensolche von einer Schnecke. *c* Spinalganglienzelle eines Wirbelthieres — ein Fortsatz, der sensible Nerv, geht zur Haut, ein zweiter als Wurzel in das Centralorgan hinein. — In allen drei Zeichnungen ist das Centralorgan schraffirt.

Die sensiblen Nerven sind zum grössten Theile Ausläufer von Zellen der Spinalganglien. Auch sie splittern sich, an der Peripherie angekommen, auf, entweder frei im Epithel, oder zwischen modificirten, meist epithelialen Gebilden, Endapparaten. Das ist also die sensible Bahn erster Ordnung. Sie schliesst sich aber nicht dadurch an die Bahn zweiter Ordnung an, dass Axencylinderausläufer aus dieser etwa die Spinalganglienzellen umfassen. Es ist vielmehr bei den sensiblen Nerven das Verhältniss ein anderes. Dieselbe Zelle, welche den Nerv entsendet, schickt nach dem Rückenmark zu einen zweiten Fortsatz. Der tritt dort ein, und nach längerem oder kürzerem Verlaufe im Centralorgan spaltet er sich erst auf. Die Aufspaltung geschieht, wenigstens an den wenigen Stellen, wo sie bekannt wurde, so, dass die Aestchen die Proto-

plasmaausläufer einer neuen Zelle umfassen. Aus dieser entspringt dann die sensible Bahn zweiter Ordnung.

Die Ursprungszellen der sensiblen Nerven liegen aber nicht immer so dicht am Centralorgan. Bei vielen Wirbellosen findet man, wie Lenhosseck zuerst am Regenwurm gezeigt hat, sie noch in der Haut selbst liegen. Dadurch entfällt natürlich der peripher gerichtete Fortsatz, oder er kommt nur als kurzer der Zelle aufsitzender Stift zur Erscheinung, der centrale senkt sich, wie bei den Wirbelthieren, in das Centralorgan ein. Es scheint — ist aber noch nicht durch eine genügend continuirliche Reihe gestützt —, dass diese sensorischen Zellen allmählich in die Tiefe rücken — Mollusken, Retzius, — und dabei peripher den Fortsatz zur Haut erwachsen lassen, der sich dann zwischen und um die Epidermiszellen aufsplittert. Die Spinalganglienzellen wären dann als in die Tiefe gerückte ursprünglich der Epidermis angehörende Zellen anzusehen. Ihre Abstammung und frühentwicklungsgeschichtliche Lagerung bestärkt diese Auffassung. Auf Figur 14 und 15 sind nach Retzius'schen Präparaten verschiedene hierher gehörige Entwicklungsstadien dargestellt.

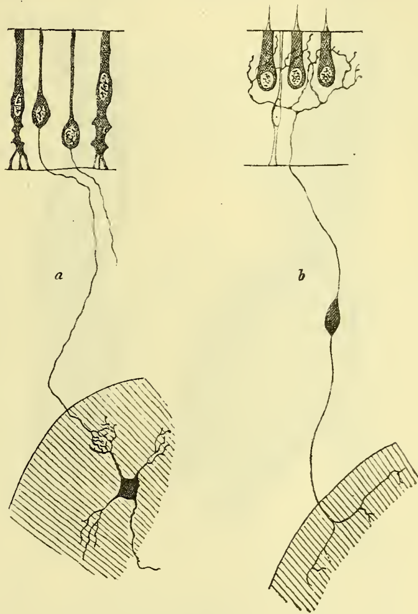


Fig. 15.

Nach Retzius. *a* Sinnesepithelien der Nase, senden ihren Axencylinder als Riechnerv, Fila olfactoria, rückwärts zum Gehirn, wo sie sich aufzweigt. *b* Eine Ganglienzelle aus dem Ganglion spirale der Schnecke. Ihr peripherer Fortsatz verzweigt sich um die Stiftzellen der Macula, ihr centraler geht als Ramus cochlearis N. acustici in das Gehirn.

Noch bei den Wirbelthieren kann man ein solches in die Tiefe-Rücken ursprünglich an der Oberfläche liegender Epithelzellen des sensiblen Gebietes beobachten, wenn man die Nervenendigung in den Sinnesorganen studirt. Die Epithelien der Riechschleimhaut senden, wie die der Regenwurmhaut, einfach einen Fortsatz hinein in das Gehirn, im Ohre aber giebt es keine Endzellen in diesem Sinne mehr, es liegt da die betreffende Zelle im Ganglion spirale der Schnecke, während ihr peripherer Fortsatz die Stiftzellen der Crista acustica aufgezweigt umfasst, ganz wie der sensible Nerv die Epidermiszellen. Auch für die Geschmacksfasern ist eine derartige Aufzweigung um Zellen nachgewiesen. Von der Retina wissen wir, dass sie Nervenbahnen enthält, die aus dem Centralorgan kommend, sich um ihre Elemente aufzweigen, daneben aber auch Ganglienzellen führt, die ihren Axencylinder rückwärts dem Centralorgan zusenden.

Welche Rolle die Dendritenfortsätze der Zellen spielen, ist noch un-

bekannt. Nach eigenen Untersuchungen und nach Kenntnissnahme der von Anderen mitgetheilten Bilder scheint es mir am wahrscheinlichsten, dass sie diejenige Oberflächenvergrösserung der Ganglienzelle darstellen, welche durchaus erforderlich ist, um einen innigen Connex mit den umspannenden Fasern des aufgezweigten Stammfortsatzes zu sichern. Auf Fig. 15 *a* und 40 sehen Sie die Endausläufer der Sinnesepithelien aus der Riechschleimhaut, die Riechnerven, sich nach Durchwanderung der Siebplatte im Riechabschnitt des Gehirns auffasern. Ihre Endbüschel umgreifen innig die dicken Dendritenfasern aus dort liegenden Ganglienzellen. Hier haben Sie den Zusammenhang zwischen Olfactoriusbahn erster Ordnung und den Zellen vor sich, aus denen sich die innerhalb des Riechlappens verlaufende Riechbahn zweiter Ordnung entwickelt. Die Verbindung wird

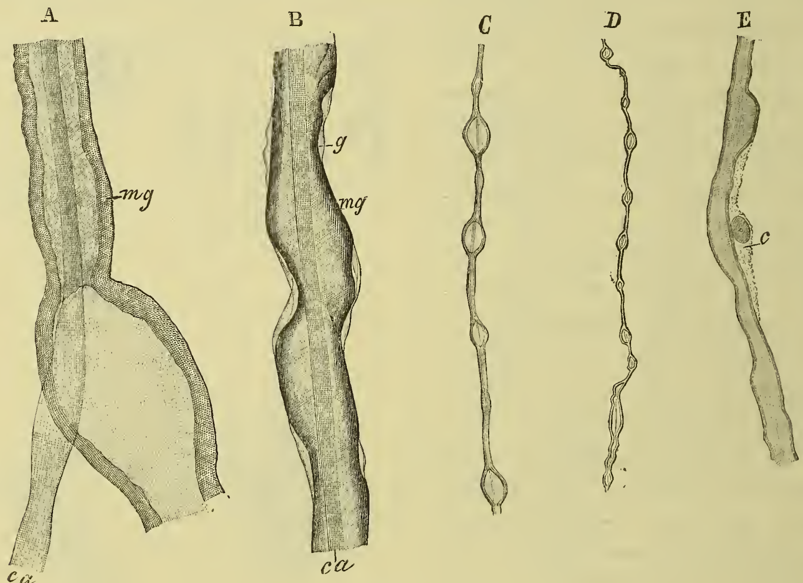


Fig. 16.

Nach Ranvier. Verschiedene Nervenfasern isolirt aus dem Rückenmarke des Hundes; *ca* Axencylinder, *mg* Markscheide, *g* peripherische Hülle, *c* Kern und Protoplasma an der Oberfläche einiger weniger Fasern zu sehen.

nur hergestellt durch die Beziehungen, in welche der Axencylinder einer Zelle zu den Dendriten einer anderen tritt.

Dendriten und Axencylinder gehen nicht immer an verschiedenen Stellen vom Zellleib ab. Bei den Wirbelthieren kann man oft genug beobachten, dass die Zelle einen ganz wie ein Dendritenfortsatz aussehenden Zweig aussendet, dem nahe der Abgangsstelle der Axencylinder entsprosst. Bei vielen Wirbellosen ist dies Verhältniss geradezu die Regel. Beim Flusskrebs z. B. entsendet (Retzius) die birnförmig aussehende Zelle zumeist überhaupt nur einen dicken Stammfortsatz, aus dem sich lateral die Dendriten und weiter vorn der Axencylinder entwickeln (Fig. 17). Hier scheint ein Verhältniss vorzuliegen, welches darauf hinweist, dass beide

Ausläufer einer Ganglienzelle gar nicht etwas absolut und principiell Verschiedenes sind.

Alle die neueren Untersuchungen, von denen eben berichtet wurde, sprechen dafür, dass jede einzelne Ganglienzelle ganz isolirt dasteht, sich nicht direct mit einer anderen verbindet. Es darf aber nicht unerwähnt bleiben, dass von gewissenhaften Beobachtern wiederholt Verbindungszüge zwischen einzelnen Zellen beschrieben worden sind.

Die Nervenfasern im Gehirn und Rückenmark sind von sehr wechselnder Breite und bei reifen Säugern wahrscheinlich alle mit Markscheiden umgeben.

Jede Nervenfaser verliert da, wo sie in das Centralorgan eintritt, ihre Schwann'sche Scheide. Nur eine dünne, zuerst von Ranvier gesehene, schon im peripheren Nerven vorhandene Schicht bedeckt innerhalb des Gehirns und Rückenmarkes das Nervenmark.

Im Allgemeinen erscheinen die Theile, welche wesentlich nur aus markhaltigen Nervenfasern bestehen, weiss (weisse Substanz), diejenigen, in welchen die Neuroglia, die Ganglienzellen und Axencylinder vorherrschen, grau (graue Substanz). Die graue Substanz ist gefässreicher als die weisse.

Die ersten genaueren Kenntnisse von der Gewebelehre des Centralnervensystems verdanken wir, wie schon in der ersten Vorlesung erwähnt wurde, Ehrenberg, Remak und Hannover. Nach Hannover hat dann Helmholtz 1842 zuerst bei Wirbellosen die Beziehungen von Nervenfaser und Ganglienzelle zu einander richtig gesehen, 1844 entdeckte Kölliker, dass aus einer Zelle eine doppeltcontourirte Faser stammen könne. Dass aus den Ganglienzellen zweierlei Fortsätze entspringen, von denen nur einer, der Axencylinderfortsatz, in den Nerven gelangt, hat 1850 Rudolf Wagner am elektrischen Organ des Zitterrochens gefunden, und Remak hat es 1854 für die grossen Ganglienzellen des Rückenmarkes bestätigt. Dass hier ein allgemein für die Ganglienzellen gültiges Verhalten vorliegt, das hat dann 1865 Deiters bewiesen. Durch die Arbeiten von Gerlach, Max Schultze, Waldeyer, Jolly, A. Key und G. Retzius, Betz, Bevan Lewis, Obersteiner, Freud und vielen Anderen wurde das gewonnene Wissen vertieft. Im Texte ist bereits derer gedacht, denen wir die wichtigsten Fortschritte in neuester Zeit verdanken. So Viele haben diesem schwierigsten Kapitel der Histologie ihr Interesse und ihre Arbeitskraft gewidmet, dass ein Anfang 1887 erschienenes Verzeichniss (Nansen) bereits 341 Arbeiten über Nervenfasern und Ganglienzellen aufzählen kann. Neuere grundlegende Arbeiten über das Stützgewebe stammen von Boll, Ranvier, Gierke, Vignal, His, Lenhosseck und Weigert. Der Letztere hat eine Färbemethode erfunden, welche gestattet, diese Gewebsart isolirt zu färben. So war es ihm zuerst möglich, die bereits bekannten Funde ganz sicher zu stellen und durch neue wichtige zu vermehren.

Dritte Vorlesung.

Uebersicht über den Gesammtaufbau. Vergleichend Anatomisches.

M. H.! Man sieht die Ganglienzellen und ihre Ausläufer als die Elemente an, welche die Function des Nervensystemes tragen.

Schon bei sehr niedrig stehenden Thieren treten sie auf, isolirt und auch schon zu einzelnen Haufen — Ganglienknoten — angeordnet. Je nachdem diese Haufen vereinzelt peripher liegen oder in grösserer Menge und bestimmter Anordnung durch Nervenzüge unter einander verknüpft getroffen werden, spricht man von peripheren Ganglienknoten oder von Centralnervensystem. Im Allgemeinen erkennt man, dass in der Thierreihe eine Tendenz zum Zusammenfassen vieler Knoten in ein einziges Nervensystem besteht. Je höher man aufsteigt, um so mächtiger ist dieses, aber es erhalten sich bis hinauf zu den Vertebraten noch immer Theile des Nervensystems mehr oder weniger vom Centralorgan getrennt und von ihm functionell und anatomisch mehr oder weniger unabhängig. In der vorigen Vorlesung haben wir am Beispiel der Sinnesepithelzellen gesehen, wie sich solche Gebilde allmählich nach dem Centralorgan hin verschieben können. Die Physiologie zeigt, wie nicht nur die in den Eingeweiden liegenden Einzelganglien noch relativ selbständig functioniren, sondern wie sogar Gebilde, die, wie die Spinalganglien, schon dem Centralorgan vielfach zugerechnet werden, sich noch einer relativen functionellen Unabhängigkeit von diesem erfreuen.

Ja, es drängt das, was wir vom anatomischen Aufbau und von den Functionen des Centralnervensystems der Wirbelthiere wissen, mehr und mehr zu der Annahme, dass auch die einzelnen Theile des Centralorganes selbst im Stande sind, in gewissem Maasse noch selbständig zu functioniren, dass auch Gehirn und Rückenmark der Wirbelthiere nur bestehen aus einer Reihe einzelner Centren. Das Maass, wie von diesen das eine oder andere höher entwickelt ist, wie es mit den tieferen verknüpft, und wie diese unter einander und mit höheren Centren functionell und anatomisch verbunden sind, macht die höhere oder niederere Ausbildung eines Centralorganes aus. Wir werden nachher sehen, dass sich im Verlaufe der Stammesentwicklung einzelne der zum Centralorgan verbundenen Centren hoch entwickelt haben, während andere, auf einem gewissen Typus angelangt, stehen geblieben sind und sich durch die ganze Reihe hindurch überall gleichen.

Im Wesentlichen kann man sich vorstellen, dass jedes Nervensystem aufgebaut ist aus zuleitenden und ableitenden Bahnen und aus solchen, welche Verbindungen der Einzelelemente unter einander herzustellen geeignet sind.

Einen guten Einblick in den Gesammtaufbau eines einzelnen Nervenknotens können Sie gewinnen, wenn Sie einmal die folgende Abbildung durchstudiren wollen. Sie stellt das ganze erste abdominale Ganglion des Bauchstranges vom Flusskrebse dar und gestattet bei der relativen Einfachheit aller Verhältnisse ein gutes Eindringen in alle Einzelheiten. Hier haben wir eine Art Schema eines nervösen Centralorgans und überblicken jedenfalls auf einmal einen ganzen Mechanismus, der zur Ausübung der Functionen eines Centralapparates geeignet ist.

Das Nervensystem des Krebses besteht, wie das aller Gliederthiere, bekanntlich aus einer grossen Zahl einzelner Ganglienknoten, die durch längere und kürzere Verbindungen zumeist unter sich geeint sind. Aus den verschieden grossen Nervenzellen *d*, *e*, *f* entspringt immer ein einziger mächtiger Stammfortsatz, der nach kurzem Verlaufe sich auftheilt in eine Faser, die in die Peripherie aus dem Ganglion heraustritt — Axencylinder — und eine solche, die, sich rasch aufzweigend, im Ganglion selbst bleibt. Der Axencylinder geht entweder — aus den Zellen *e* — direct in einen Nerven hinein, — er ist hier wahrscheinlich motorischer Natur — oder er tritt in den Strang, welcher das Ganglion mit den weiter vorn oder weiter rückwärts gelegenen anderen Ganglien verbindet, — so alle Fortsätze aus den ganz grossen Zellen. Die Verbindung kann gleichseitig und gekreuzt sein. So ist der Ausläufer der oberen Zelle *f* gleichseitig, derjenige der unteren gekreuzt im Verlaufe. Von dem Stammfortsatz gehen die Dendriten ab, hinein in die Substanz des Ganglions. Sie sind in ihrer feinen Aufzweigung wohl geeignet, die Einzelelemente des ganzen Ganglions unter einander zu verknüpfen. In das feine knotige Flechtwerk, welches sie bilden, tauchen Nervenfasern ein, die entweder von der Peripherie kommen — sensible Nerven? 2*a* — oder aus anderen Ganglien stammen, *l*, *i*, oben. Wenn Sie nun einmal den abgehenden Nerven, etwa den mit 2*a* bezeichneten, betrachten wollen, so sehen Sie, dass er Fasern enthält, die in das Ganglion münden und solche, die von anderen Ganglien der gleichen und der gekreuzten Seite stammen. Wie viele Möglichkeiten der Association sind schon in diesem einfachen Knoten gegeben!

Jede Zelle und jede Faser kann durch die reiche Endverzweigung zu unzählig vielen anderen Zellen und Fasern in irgend eine Beziehung treten. Ausserdem stehen die meisten in Contactzusammenhang mit Zügen aus entfernter liegenden Centren und viele auch mit der Peripherie.

Es giebt übrigens auch — wenigstens ist das für die Wirbelthiere aller Klassen bereits nachgewiesen — Zellen, welche in gar keiner directen Beziehung zur Aussenwelt stehen und nur geeignet sind, das Territorium einer centralen Zelle mit dem einer anderen in inniger Weise zu verknüpfen, Associationszellen. Solche Zellen sind ungemein weit verbreitet. Nirgend aber wird ihre Bedeutung rascher klar als im Ammonshorne, einer Abtheilung der Riechrinde. Ich lege Ihnen hier in Fig. 18 einen Schnitt durch diesen Rindenantheil vor.

Unter der Schicht grosser pyramidenartiger Zellen, welche die Haupt-

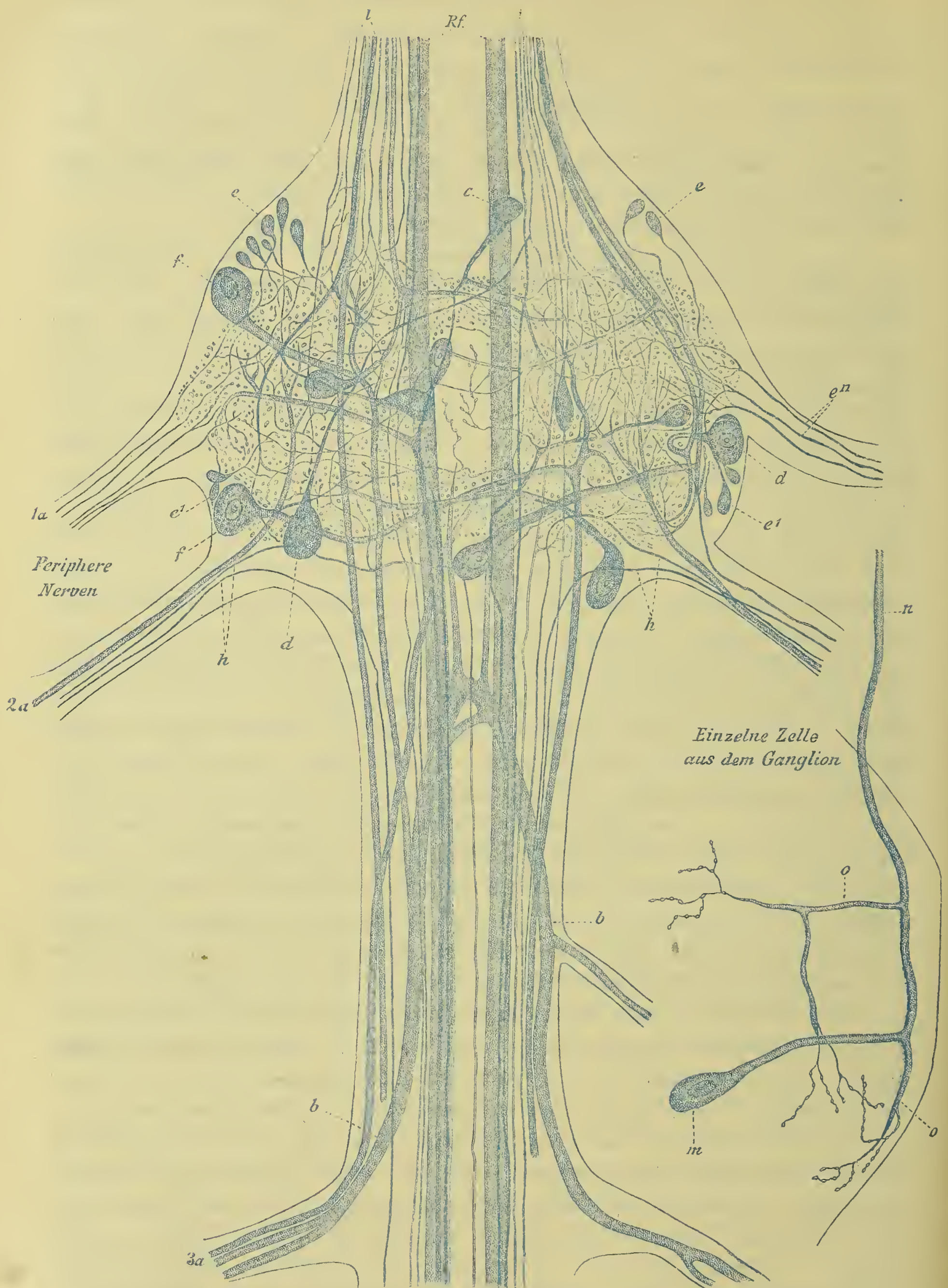


Fig. 17.

Das erste abdominale Ganglion des Bauchstranges von Astacus fluviatilis. Färbung des lebenden Gewebes durch Methylenblau. Nur die nervösen Bestandtheile färben sich. Erklärung im Texte. Die dicken medialen Fasern *Rf* sind ihrer näheren Bedeutung nach noch nicht erkannt. Nach Retzius.

zelllage dieses Gebietes bilden, erblicken Sie kleinere Zellen, welche ihren Axencylinder nahe an die Pyramiden oder auch durch sie hindurch senden. Dann aber löst er sich in feine Queräste auf und aus diesen dringen von unten und von oben mächtige Endbüschel zwischen die grossen Zellen hinein. Diese Endbäumchen sind also wohl geeignet, die Elemente der Schicht, wo sie enden, unter einander zu verknüpfen.

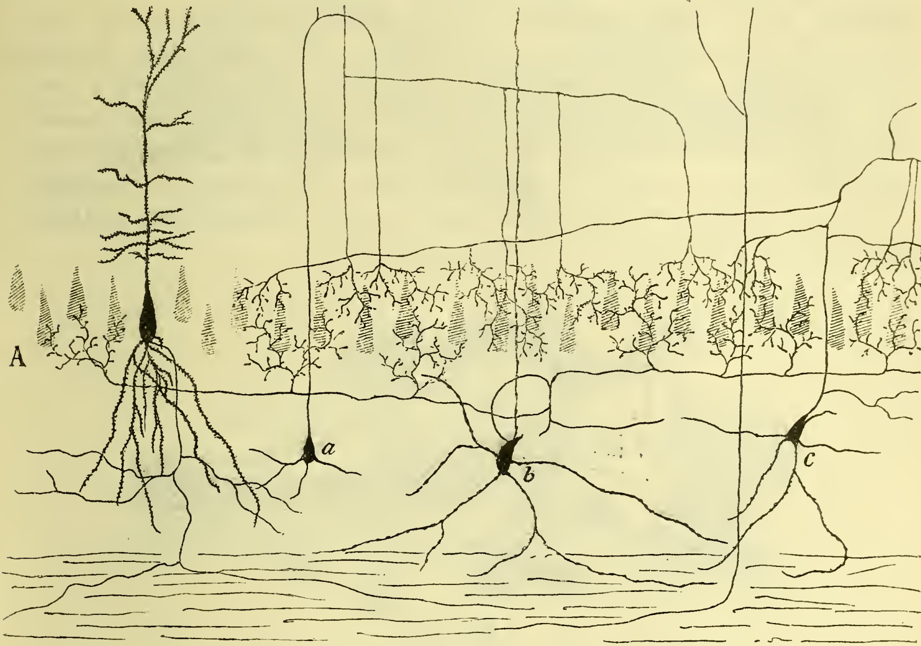


Fig. 18.

Aus der Ammonsrinde des Kaninchens, combinirt nach Präparaten von S. R. y Cajal. *a b c* Associationszellen. Ihr langer Axencylinderfortsatz spaltet sich zu moosförmigen Reisern auf, welche in die Schicht der Pyramidenzellen *A* eindringen. Links aussen eine einzelne vollgezeichnete Pyramidenzelle. Sie tritt durch ihren nach unten abgehenden Axencylinder mit dem Mark des Gehirnes und durch ihre nach oben strebenden Dendriten wieder mit anderen Faser- und Zellsystemen — nicht abgebildet — in Beziehung. Zu diesen mannigfachen Verbindungen kommt dann noch die durch die moosförmigen Fortsätze gegebene Association vieler Pyramidenzellen unter einander.

Das also sind die Elemente, aus denen sich das Centralnervensystem aufbaut.

Es bietet nun kein geringes Interesse, zu untersuchen, in welcher Weise sich die Entwicklung des Gehirns in der Thierreihe vollzieht. Die Grenzen, die sich diese Vorträge gezogen haben, gestatten es nicht, hier in die Details der Faserung und des feineren Baues einzugehen. Nur eine allgemeine Uebersicht kann gegeben werden. Die Verschiedenheit der Ausbildung, die bald diesen, bald jenen Hirntheil im Verhältniss hervortreten lässt, erkennen Sie am raschesten, wenn Sie die Figuren (19—25) studiren, welche, nach Präparaten gezeichnet, in ganz wenig schematisirter Weise Sagittalschnitte durch die Gehirne aller Wirbelthierklassen zeigen.

Wollen Sie sich zunächst mit dem allgemeinen Schema des Wirbelthiergehirns (Fig. 19) vertraut machen, dann werden Sie leicht die übrigen

Abbildungen verstehen. Sie sehen da, dass das primäre Vorderhirn vorn durch eine Ausstülpung des seitlichen Theils der Schlussplatte das secundäre Vorderhirn (Hemisphären) entstehen lässt. Sie erkennen, wie es sich ventral in das Infundibulum ausstülpt, und wie seine dorsale Wand (durch Blutgefässe nach innen gedrängt) den Plexus choroideus bildet. Weiter hinten verlängert das Dach sich dorsalwärts in zwei Säcke, deren vorderer als Epiphysenpolster, deren hinterer als Epiphysenschlauch bezeichnet wird. Man erkennt das Dach des Mittelhirns (Corpus opticum oder Vierhügelplatte) und an diese sich anschliessend die meist gefaltete Platte des Cerebellums. Diese geht dann caudalwärts durch eine dünne Lamelle, das Velum medullare posticum, in den dorsalen Theil des Rückenmarkes über. Der laterale Theil des Zwischenhirns, der Thalamus, bleibt bei der abgebildeten Schnittführung unsichtbar.

An der Basis des Vorderhirns liegt bei allen Wirbelthieren das mächtige Stammganglion — Corpus striatum.

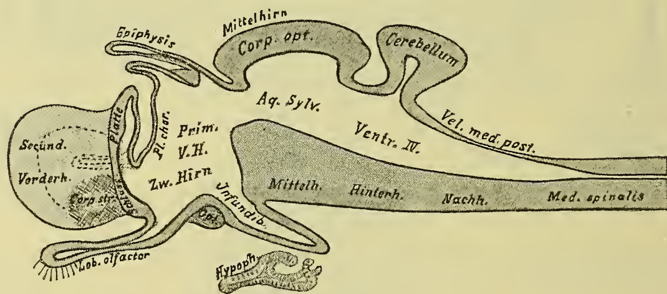


Fig. 19.
Schema eines Sagittalschnittes durch ein Wirbelthiergehirn.

Hinter ihm stülpt sich die laterobasale Wand nach vorne zu einem Hohlraum, dem Lobus olfactorius, aus. An diesen legt sich das peripher entstandene Riechganglion an, in welches die Wurzeln des Riechnerven aus der Nasenschleimhaut eintreten. So entsteht immer am Vorderende des Lobus ein dickes Gebilde, der Bulbus olfactorius.

Der Lobus olfactorius liegt immer ventral vom Stammganglion und bildet meist mit ihm zusammen eine einzige feste Masse. Bei den meisten niederen Wirbelthieren liegt das Gehirn soweit im Schädel rückwärts, dass die Fila olfactoria, ehe sie von der Nase her kommend es erreichen, einen langen Weg am Schädelgrunde machen müssen. Der Strang, den sie bilden, wird als Nervus olfactorius bezeichnet. Morphologisch richtiger wäre Radix olfactorii, da ein eigentlicher peripherer Nerv im Sinne der anderen sensiblen Nerven, also peripher von der Ursprungszelle gelegen, gar nicht existirt. Bei den Säugern ist die Verlaufstrecke viel kürzer. Die Fasern treten, ohne sich nur zum Strange zu sammeln, durch die Siebplatte direct aus der Nase in den Bulbus olfactorius von unten her ein.

Nicht bei allen Thieren wächst aber aus der primären Vorderhirn-

blase ein secundäres Vorderhirn aus. Bei den Rochen verdickt sich nur ihre frontale Wand zu einem oft ungeheuer grossen massiven Gebilde, welches auch das Stammganglion in sich aufnimmt (Fig. 20). Bei vielen

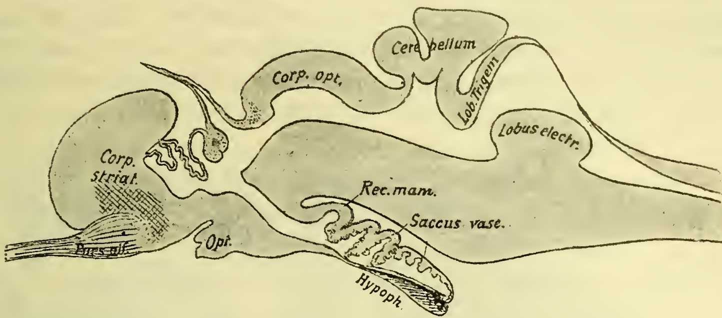


Fig. 20.
Gehirn eines Rochen. Sagittalschnitt.

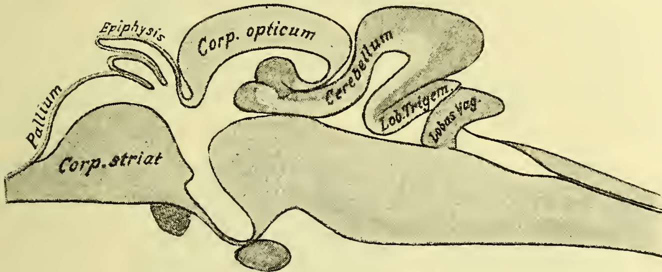


Fig. 21.
Sagittaler Medianschnitt durch ein Knochenfischgehirn (embryonal).

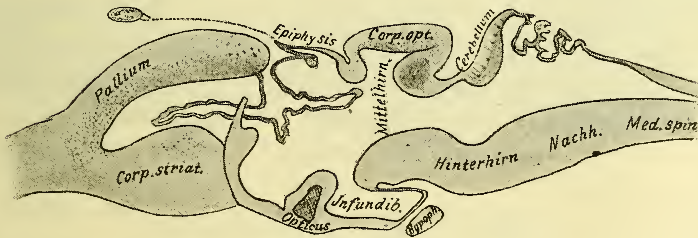


Fig. 22.
Amphibiengehirn. Schema eines Sagittalschnittes.

Haien kann man aber schon die kleinen paarigen Ausstülpungen erster Hemisphärenanlagen vor dieser Masse erkennen. Das Vorderhirn der Knochenfische besitzt an der Basis ein mächtiges Stammganglion, Corpus striatum, aber der dorsale Theil der Vorderhirnblase, der Mantel, Pallium, hat sich nicht über das embryonale Stadium einer einfachen Epithelschicht erhoben. Das Stammganglion ändert nun von den

Fischen bis hinauf zum Menschen seine Lage und sein relatives Grössenverhältniss nicht mehr wesentlich. Am gleichen Orte finden wir überall die gleichgebaute Anhäufung von Ganglienzellen, überall entspringt aus ihr ein mächtiges Faserbündel, das sich caudalwärts wendet und immer in Ganglien des Zwischen- und Mittelhirns sich auflöst. Es heisst basales Vorderhirnbündel und ist für die Säuger seit Langem als Linsenkernfaserung bekannt. Der Mantel aber muss eine grosse Zahl von

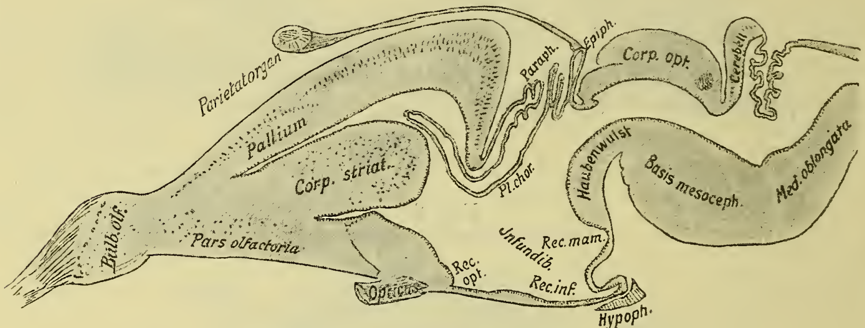


Fig. 23.
Reptiliengehirn. Schema eines Sagittalschnittes.

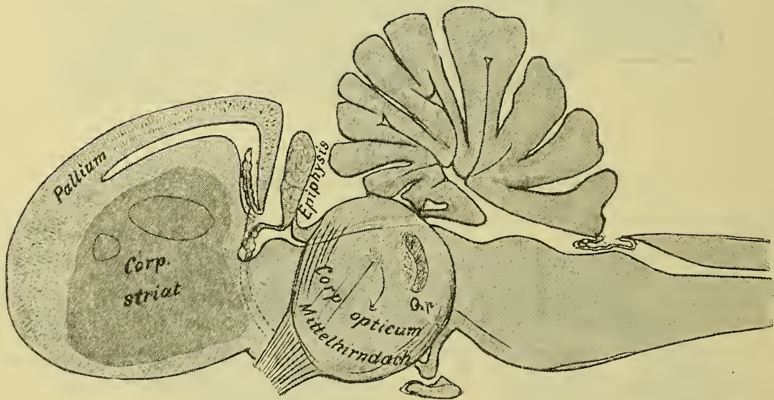


Fig. 24.
Vogelgehirn. Schema eines Sagittalschnittes.

Uebergangsstufen durchmachen, ehe sich aus der einfachen Epithellage, der wir eben bei den Fischen begegneten, jenes mächtige Gebilde entwickelt, das wir beim Menschen als Hauptmasse des ganzen Gehirns, als Hemisphären, kennen. Noch bei den Amphibien, wo zwei grosse, flach eiförmige Hemisphären aus dem primären Vorderhirn hervorwachsen, besteht seine Wand aus einer dünnen, dem Ventrikelepithel aufliegenden Faserschicht, über der wenige unregelmässig liegende Ganglienzellen sich finden. Diese senden, ausser Fortsätzen in die erwähnten Nervenfasern,

andere, sehr verzweigte, in eine äusserste Wandschicht. Dieser Typus wiederholt sich dann durch die Thierreihe. Man begegnet aber erst bei den Reptilien einer mehrschichtigen Lage von Pyramidenzellen, die den grössten Theil der Oberfläche überzieht, einer wirklichen Hirnrinde. Es liegen Gründe vor, welche es sehr wahrscheinlich machen, dass diese erste durchgebildet auftretende Hirnrinde der Ammonsformation der Säuger entspricht (Ursprung des Fornix aus derselben und Anderes).

Am Gehirn der Riesenschildkröte (Chelone midas) lässt sich leicht der Nachweis führen, dass diese phylogenetisch älteste Hirnrinde nur, oder fast nur, mit dem Riechapparat verbunden ist, dass also die Rindenfunctionen, gewöhnlich als höhere psychische Functionen betrachtet, da, wo sie auftreten, an den Riechact geknüpft sind. Man erkennt, dass aus dem Olfactoriusgebiete zwei Faserzüge rückwärts gehen. Einer, der im frontaleren Abschnitt entspringt, läuft lateral über die Hirnrinde weg und senkt sich hinten in die Ammonsrinde ein, ein zweiter zieht aus dem Mark des Riechlappens an der medialen Hemisphärenwand nach oben hinten, um auch in die Ammonswindung zu gelangen. Wir begegnen später bei allen Wirbelthieren diesen beiden centralen Verbindungen des Riechapparates zur Rinde. Immer kann man einen lateralen aus dem Bulbus stammenden Zug von einem medialen aus dem Lobusmark stammenden unterscheiden und immer gehen beide in die Rinde. Beide Riechlappen, nicht die Bulbi, sind von den Fischen an immer durch einen bogenförmig an der Hirnbasis verlaufenden Faserzug, die Commissura anterior, unter einander verknüpft. Hinter diesem Riechantheil der vorderen Commissur findet man von den Reptilien und Amphibien an aufwärts immer noch andere Querzüge. Sie verbinden einerseits die basalen Vorderhirngebiete unter einander, andererseits — bei Säugern — noch Rindentheile, die dorsalwärts im Mantel gelegen, dem Riechapparat wahrscheinlich angehören. Auch die beiden Ammonshorngebiete sind durch Fasern unter einander verbunden, die bei den Säugern, wo sie sehr massig sind, als Psalterium bezeichnet werden.

Von den Reptilien ab schlägt die Entwicklung des Vorderhirnes zwei verschiedene Wege ein. Bei den Vögeln entwickelt sich das Stammganglion zu einer bei keiner anderen Thierart erreichten relativen Grösse und Complication, während die Rindenformation keinen wesentlichen Fortschritt macht, bei den Säugern aber wird gerade der Mantel mit seiner Rindenlage zu einem mächtigen Gebilde, welches das Stammganglion ganz in der Tiefe verschwinden lässt und auswachsend sich über das caudaler gelegene Zwischen- und Mittelhirn (beim Menschen auch das Hinterhirn) hinweglegt. Sehr hochstehende Gehirne zeigen ausser diesem Wachsen nach hinten noch eine Krümmung der caudalen Mantelhälfte nach unten.

Der vorderste Theil der Hemisphäre, der Frontallappen, tritt (Meynert) erst bei den höheren Säugern, namentlich beim Menschen, in gesonderte Erscheinung.

Die Hirnrinde, welche den Mantel der Säuger fast allerwärts über-

zieht, ist ein eigenes mächtiges Organ mit mannigfachen Zellverbindungen, Faserzügen u. s. w. Die Masse der aus ihr nach der Peripherie auftretenden oder in sie hinein gelangenden Faserzüge ist im Verhältniss zu dem in der Rinde angeordneten Faser- und Zellwerk sehr klein.

Alle diese aus- und einstrahlenden Fasern liegen aber enge zu einem vorn sich verbreiternden Bündel geordnet im Hirnmantel. Ist der Rindenapparat unverhältnissmässig grösser, in seinen Eigenzügen mächtiger entwickelt, so muss er sich über diese kleinere Einstrahlung hinweg in Falten legen; solche Hirnwindungen fehlen nur bei wenigen Säugethieren (Lissencephale Säuger), bei allen anderen sind sie mehr oder weniger reichlich vorhanden (Gyrencephale Säuger). Die Anordnung der Falten, welche für die einzelnen Thiere in gewissen Grenzen constant ist, hängt wohl von zwei Factoren ab: von der Ausdehnung der Hirnrinde, die sich die betreffenden Arten im Laufe der Stammentwicklung erworben haben, und von den Maassverhältnissen des Schädelraumes, die natürlich mit jener nicht gleichen

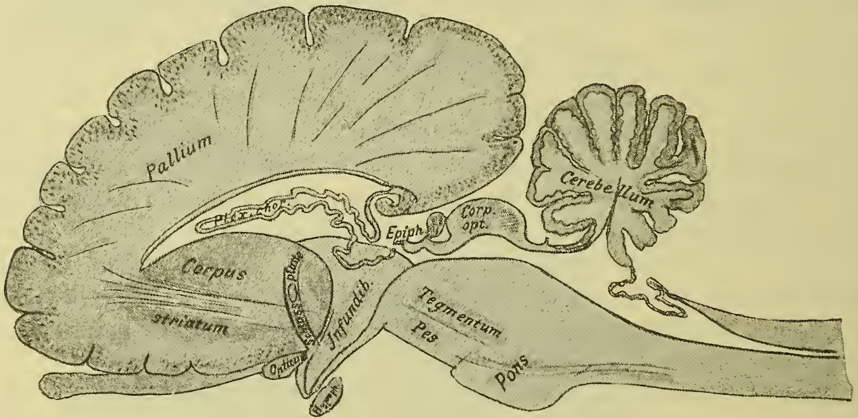


Fig. 25.
Säugergehirn. Schema eines Sagittalschnittes.

Schritt halten müssen, da sie auch noch von anderen Factoren abhängig sind. Man kann deshalb auch keine aufsteigende Entwicklung der Hirnfurchung innerhalb der Thierreihe oder auch nur innerhalb einer einzelnen Familie erkennen.

Bei den niederstehenden Monotremen hat Ornithorhynchus ein ganz glattes, Echidna ein ziemlich reich gefurchtes Gehirn. Ja es giebt noch unter den Primaten einen Affen-Hapale-, dessen Gehirn fast völlig windungslos ist. Die relativ kleine Schädelhöhle in dem riesigen Kopfe des Elephanten, auch diejenige der Wale, welche ähnliche relative Verhältnisse hat, birgt ein sehr windungsreiches Gehirn.

Nicht nur auf den Windungsreichthum, sondern auch auf den Verlauf der Windungen haben die beiden erwähnten Verhältnisse einen Einfluss. Wenn Ihnen die Hirnoberfläche des Menschen näher bekannt ist, dann wird es zweckmässig sein, einmal einen Blick auf die verschiedenen Furchungsrichtungen in der Thierreihe zu werfen.

Aus der mächtigen Rindenausbreitung des Säugethiermantels kommt eine sehr grosse Menge von Fasern, andere münden darin aus. Die Gesammtheit wird als Stabkranz bezeichnet. Der Stabkranz zieht aus der Rinde caudalwärts, um im Zwischenhirn, Hinterhirn und Nachhirn und im Rückenmark zu endigen. Andere mächtige Bündel durchziehen die Hemisphären, einzelne Gebiete ihres Mantels mit einander verknüpfend. Alle diese zusammen bilden unter der Rinde ein grosses Lager weisser Marksubstanz; seine Ausdehnung ist beim Menschen die relativ grösste, bei niederen Säugethieren ist sie nur klein, und bei manchen, bei der Maus zum Beispiel, nur ganz unbedeutend.

Das Zwischenhirn ist bei allen Thieren ein langgestreckter Körper, dessen Seitenwände mehrere „Thalamusganglien" enthalten und, dadurch verdickt, den Ventriculus tertius zwischen sich zu einem Spalt verengen. Bei den Knochenfischen ist das Mittelhirn so enorm ausgebildet, dass es das Zwischenhirn von oben her vollkommen überdeckt und in die Tiefe drängt. Die Basis des Zwischenhirns stülpt sich immer zu einem, namentlich bei niederen Wirbelthieren sehr mächtigen, Sacke aus. Derselbe, als Infundibulum bezeichnet, lässt schon bei den Knochenfischen gewisse Nebenausbuchtungen erkennen, die sich bis hinauf zu den Säugern zum Theil erhalten. Direct hinter dem Chiasma, das an der Basis des Zwischenhirnes liegt, findet man den Recessus postopticus, dann folgt der tiefe Recessus infundibularis, der sich immer hinten zu einem dünnen Schlauche verengt. An diesen Schlauch legt sich meist die Hypophysis, welche aus dem Rachenepithel hierher an die Schädelbasis gewachsen ist, fest an. Bei den Säugern verwächst sie so fest mit ihm, dass man hier das Schlauchende als Hirntheil der Hypophyse zu bezeichnen sich gewöhnt hat. Caudal vom Recessus infundibularis stülpt sich bei den niederen Vertebraten die Rückwand des Infundibulum zu einem ungemein dünnen, langen Epithelschlauch aus, dessen Wände von eindringenden massenhaften Blutgefässen in zahlreiche Falten gehoben werden. Der ganze Apparat heisst Saccus vasculosus (siehe Fig. 20 und 23). Schliesslich erkennt man immer, dass auch da, wo die ventrale und caudale Wand des Zwischenhirns sich an die mächtige Mittelhirnbasis anschliesst, eine weitere kleine Ausbuchtung, der Recessus mamillaris liegt. Bei den Selachiern enthält er mächtige Epithelleisten und Zotten und bildet offenbar ein functionsfähiges und immer reich vascularisirtes Gebilde.

Das Zwischenhirndach wird vorn vom Plexus choroideus gebildet. Hinten aber verlängert es sich zu einem dorsal gerichteten Schlauche, der Epiphyse. Bei einigen Selachiern und bei vielen Reptilien tritt derselbe durch eine Lücke des Schädels hindurch zu einem unter der Haut liegenden Sinnesorgan, das auffallende Aehnlichkeit mit einem Auge hat. Man kann eine Cornea und Linse, eine Retina und eine in und unter dieser liegende Pigmentschicht an diesem unpaaren „Parietalorgane" erkennen. Seine Entdeckung verdanken wir Graaf und Spencer. Bei

den übrigen Wirbelthieren findet man, wenn sie ausgewachsen sind, keinen Zusammenhang mehr zwischen dem Epiphysenschlauche und dem Sinnesorgan. Er hat sich in die Tiefe des Schädels zurückgezogen, und es geht dann auch das Parietalauge, wie Uebergangsformen bei Amphibien und Reptilien zeigen, so verloren, dass bei Vögeln und Säugern keine Spur von ihm mehr gefunden wird. Das stumpfe, oft aufgeknäulte Ende des Schlauches bleibt als Knötchen, „Glandula pinealis“, vor dem Mittelhirn übrig.

Zwischen Plexus choroides und der Epiphysenausstülpung liegen bei den meisten Thieren noch zwei, manchmal drei weitere Ausbuchtungen der epithelialen Zwischenhirndecke. Man hat sie als Zirbelpolster — weil die Zirbel auf ihnen liegt —, auch als Paraphysis beschrieben.

In den Seitenwänden des Zwischenhirns entwickeln sich die Thalamusganglien. Ein einziges, das Ganglion habenulae, ist schon bei den niedersten Vertebraten direct vor der Epiphyse gelegen nachweisbar und erhält sich durch die ganze Reihe an dieser Stelle. Von seinen Zuzügen sind zwei am besten bisher bei allen Thierklassen bekannt: ein Zug aus der Riechgegend des Vorderhirns, die Taenia thalami, und ein solcher zu dem an der Mittelhirnbasis gelegenen Corpus interpedunculare. Caudal vom Ganglion liegt stets eine Faserkreuzung, die Decussatio thalami dorsalis. Die Verbindungen und der zum Riechapparat in einem bestimmten Grössenverhältniss stehende Umfang des Ganglion habenulae weisen darauf hin, dass es dem Riechapparat angehört.

Im Laufe der Stammesentwicklung differenziren sich im Zwischenhirn eine grosse Anzahl eigener Ganglien, die man vielleicht zweckmässig in dorsale und ventrale theilt. Die ersteren zeigen sich erst bei den Thieren mit ausgebildeter Hirnrinde und nehmen einen Theil des Stabkranzes auf. Die ventralen sind schon von den Knochenfischen aufwärts nachweisbar. Sie erhalten zumeist Züge aus dem basalen Vorderhirnbündel des Stammganglions, das sich in ihnen und in Ganglien des Mittelhirns völlig auflöst. Caudalwärts entsenden einige Thalamusganglien Züge theils zum verlängerten Marke, theils auch in das Kleinhirn. Das Zwischenhirn nimmt aber immer sehr viel mehr Faserzüge aus dem Vorderhirn auf als es caudalwärts entsendet.

Aussen am Zwischenhirn zieht bei allen Thieren der Tractus opticus in schrägem Verlaufe vom Mittelhirn herab zur Basis des Gehirns. Er kreuzt bei den meisten Thieren vor dem Infundibulum vollständig mit dem Tractus der anderen Seite. Bei Säugern giebt es auch nichtkreuzende Bündel. Die Kreuzung heisst Chiasma. Dorsal und caudal von diesem liegen noch mindestens zwei Systeme von Faserkreuzungen im Boden des Zwischenhirns, deren Verlauf erst für wenige Thierklassen relativ geklärt ist. Decussatio transversa u. A.

Medial vom Tractus opticus findet man bei allen Vertebraten ein weiteres Ganglion, das mehr oder weniger fest in die Thalamusmasse ein-

gebettet ist (Corpus geniculatum laterale). Es stellt eine Ursprungsstelle und Endstelle des Sehnerven dar. Die Hauptmasse dieses Nerven wendet sich meistens dem Dach des Mittelhirns zu. Dieses Dach weist das ganze Thierreich hindurch weniger Veränderungen auf, als irgend ein anderer Hirntheil. Nur die relative Grösse wechselt, und wer nur die kleinen Vierhügel des Menschen kennt, wird erstaunt sein, wenn er die ungeheueren Lobi optici eines Fisches oder eines Vogels sieht. Aber der feinere Bau ist immer der gleiche: in den dorsalen Schichten der durch eine sagittale Furche etwas von oben her eingedrückten Halbkugel endet immer der Sehnerv, aus den ventralen entspringt ein sensibles Fasersystem, das tiefe Mark. Das letztere umflicht den Aquaeductus Sylvii und zieht zum grössten Theil als Schleife weiter caudalwärts.

Im caudalen Theil des Mittelhirndaches liegt bei allen Thieren ein eigener Kern, aus dem Fasern sich dem tiefen Mark zugesellen, das Corpus quadrigeminum posterius. Bei den Säugern, wo der vordere Theil des Daches relativ klein bleibt, erreicht dieser „hintere Vierhügel" fast die Grösse des vorderen. Er ist auf allen Figuren durch Schraffirung deutlich gemacht.

Nicht nur bei den Knochenfischen, auch bei den Vögeln hat das Mittelhirndach eine besondere Ausbildung erfahren. Die einfache hohle Halbkugel ist nach beiden Seiten bis zur Hirnbasis hinunter ausgewachsen. So umschliesst das verlängerte Dach noch die Seitentheile.

Da auf einem Sagittalschnitt dieses den Vögeln eigenthümliche Verhältniss nicht zur Ansicht kommt, ist in Fig. 24 das Mittelhirn nicht durchschnitten, sondern so gezeichnet, wie es sich beim Anblick des unverletzten Gehirnes präsentirt.

Die Basis des Mittelhirnes wird gebildet von den Fasermassen, welche aus dem Vorderhirn und dem Zwischenhirn dorthin und weiter hinab ziehen; dann gelangen in dieselbe die Fasern, welche im Dach entspringen, und es wird schliesslich daselbst eine Anzahl Kerne gefunden, aus denen Züge stammen, welche theils sich ins Kleinhirn begeben, theils als periphere Nerven (Oculomotorius, Trochlearis) an die Hirnoberfläche heraustreten.

Ein bei den Vögeln bereits beginnendes Verhältniss wird bei den Säugern weiter ausgebildet. Es legen sich nämlich viele Fasern aus der Vorderhirnrinde ventral von den übrigen Fasern der Mittelhirnbasis an. Diese, als Fuss des Hirnschenkels bezeichneten Massen, sind bei den Primaten und dem Mensch besonders stark entwickelt. Dort bezeichnet man Alles, was dorsal von ihnen unter dem Mittelhirndach liegt, als Haube. Fische, Amphibien und Reptilien besitzen nur die Haubenbahnen; es fehlt ihnen die Fussfaserung, weil bei ihnen keine Züge von der Rinde caudalwärts ziehen.

Die Mehrzahl der Fuss- und Haubenbahnen zieht in der Basis des Hinter- und Nachhirnes weiter, wo viele ihr Ende finden. Ein Theil begiebt sich dorsalwärts in das Dach des Hinterhirnes.

Dieses Dach, welches vorn in die Vierhügelplatte, hinten durch eine dünne Membran (Velum medullare posticum) in den dorsalen Theil des Rückenmarkes übergeht, enthält die Anlage des Cerebellum. Wenn Sie die Fig. 19—25 abgebildeten Schnitte durchmustern, so wird Ihnen auffallen, dass kein Hirntheil, etwa das Vorderhirn ausgenommen, so viele Variationen der Ausbildung aufweist, als dieser. Aber das Kleinhirn ist nicht, wie das Vorderhirn, bei höheren Thierklassen weiter ausgebildet, als bei niederen. Wir begegnen vielmehr bei nahe verwandten Arten sehr bedeutenden Differenzen und finden bei den niedrig stehenden Selachiern z. B. eine ganz besonders gute Ausbildung des Organs. Die einfachste Form, in der wir ein Kleinhirn finden, weisen die Amphibien auf; die dem Mittelhirn zugewandte Seite des Hinterhirndaches ist zu einer dünnen, quer über den Ventrikel gestellten Platte verdickt. Auch die Reptilien besitzen kein wesentlich höher stehendes Organ, aber bei denjenigen unter ihnen, die schwimmen (Alligator), ist die Platte um das Doppelte vergrössert und erstreckt sich auch auf die caudale Seite des Daches. Die grossen Schwimmer, die Knochenfische und besonders die Selachier, besitzen nun eine Kleinhirnplatte, die so enorm ausgebildet ist, dass sie sich in massenhafte Querfalten legen muss (Fig. 20), ja mitunter sich unter das Mittelhirndach in den Aquäduct hinein vorstülpt (Fig. 21). Im Schlamm lebende Fische (Dipnoi) haben wieder ein kleineres Cerebellum.

In das Cerebellum der Fische, Amphibien und Reptilien gelangen Züge aus dem Zwischen- und Mittelhirn, desgleichen solche aus dem Rückenmark. Dieselben Züge finden wir bei Vögeln und Säugern wieder. Aber bei den ersteren ziehen noch spärliche, bei den letzteren sehr starke Faserbündel aus dem Vorderhirn dort hinein. Diese gelangen in eigene, von jetzt an jederseits vom Mittelstück neu auftretende Bildungen, die Hemisphaeria cerebelli. Bei den Vögeln noch klein, entwickeln diese sich bei den Säugern, gleichzeitig mit dem Auftreten einer Brückenformation, zu Theilen, welche das Mittelstück (von nun an Wurm, Vermis genannt) an Grösse weit übertreffen. Das letztere behält aber bis hinauf zum Menschen den ihm durch die Querfaltung der Cerebellarplatte seit den Selachiern gewordenen Charakter. Direct caudal vom Cerebellum begegnen wir im Hinterhirndache noch Ganglienmassen, welche Trigeminus- und Acusticusfasern aussenden. Meist mit dem Kleinhirn fest verschmolzen, bilden diese bei den höheren Wirbelthieren unbedeutenden Kerne bei den Fischen doch recht ansehnliche Lappen.

Vom Zwischenhirn an bis hinab an das Ende des Rückenmarkes ist der centrale Hohlraum (Ventrikel, Centralcanal) von grauen ganglienzellenreichen Gewebsmassen umschlossen, und vom Mittelhirn ab sehen wir aus diesen die peripheren Nerven abtreten. Die motorischen Nerven stammen aus Zellgruppen im Grau und treten fast alle an der ventralen Seite vom Centralorgan ab. Die sensorischen Nerven entspringen mit dem grössten Theil ihrer Fasern aus den neben dem Centralorgan liegenden Ganglien.

Aus den Ganglien senkt sich für jeden sensiblen Nerven eine Anzahl „Wurzelfasern“ dorsal in das centrale Nervensystem ein. Die meisten sensorischen Wurzelfasern gerathen nicht allzuweit vom Ganglion schon in die graue Substanz, einige ihrer Antheile aber laufen erst eine Strecke weit in oberflächlichen Schichten vor- oder rückwärts, ehe sie dort enden. Man bezeichnet diese Antheile als auf- und als absteigende Wurzeln.

Aus dem Bodengrau des Mittelhirnes stammt der Oculomotorius und der Trochlearis. Der letztere Nerv tritt in der ganzen Thierreihe gekreuzt ab. Aus dem Hinter- und Nachhirne entwickeln sich die motorischen Kopfnerven. Dort liegt eine Säule hinter einander angeordneter Nervenkerne, aus deren cerebralsten Theilen die motorische Quintuswurzel und (caudal von ihr) der Nervus facialis entspringt. Vom Hinterhirn ab lässt sich nun eine ununterbrochene Reihe von motorischen Nervenkernen bis in den Sacraltheil des Rückenmarkes nachweisen. Eigentlich sind es zwei Reihen, deren eine mehr ventral (Vorderhornzone His), und deren andere mehr lateral (Seitenhornzone) liegt. Aus der ersteren kommen der Nervus Hypoglossus und alle vorderen Wurzeln des Rückenmarkes für die Muskeln des Stammes; aus der letzteren stammen (Gaskell) wesentlich Fasern, welche mit der motorischen Innervation von Eingeweidemuskeln betraut sind. Diese Seitenhornfasern treten nur in der Oblongata getrennt von den Vorderhornfasern als motorischer Vagus und als Accessorius aus dem Centralorgan heraus. Weiter unten im Rückenmark verlassen sie dasselbe mit anderen Fasern der Vorderwurzeln; nach Gaskell treten dann jene in die gemischten Nerven, diese in den Sympathicus ein. Von sensiblen Wurzeln treten an das Hinterhirn die des Trigeminus und des Acusticus heran, an das Nachhirn die namentlich bei niederen Vertebraten oft sehr mächtigen Vaguswurzeln und die Glossopharyngeuswurzeln.

Wenn man die Kopfnerven nur nach ihren centralen Ursprungsverhältnissen betrachtet, dann findet man durch die ganze Thierreihe hindurch eine erstaunliche Gleichartigkeit. Fische haben z. B. ganz die gleichen Hirnnervenursprünge wie die Säuger. Nur die Art, wie die Wurzeln abgehen, variirt nicht wenig. Es finden da nach dem Kernursprung die verschiedenartigsten Zusammenlegungen der Wurzelfasern statt, und es ist die richtige Benennung der an der Aussenseite des Gehirnes bei niederen Wirbelthieren sichtbar werdenden Nervenfasern eine Aufgabe, an der die vergleichende Morphologie noch immer arbeitet. Beispielsweise sei erwähnt, dass der Nervus facialis zuweilen so dicht sich den Fasern des Trigeminus beimengt, dass er nur durch die Vertheilung in der Peripherie, in den Muskeln, sich von diesen als eigener Nerv abscheiden lässt.

In den basalen Theilen des Hinterhirnes und Nachhirnes, Pons, Oblongata, liegen dann noch zahlreiche Ansammlungen von Ganglienzellen und Nervenfasern, deren in dem Thierreich sehr wechselndes Verhalten hier nicht näher geschildert werden kann. Wichtig ist, dass dort alle Fasern hinabziehen, welche das Gehirn mit tieferen Centren verbinden.

Durch das Vorhandensein dieser Gebilde sind diese Hirntheile immer

noch wesentlich dicker, als das auf sie folgende Rückenmark. Dieses bildet einen Strang, aus dem segmentweise die motorischen Wurzeln an der Ventralseite entspringen, während an die dorsale die sensorischen Wurzeln aus den Spinalganglien herantreten. Der Raum, den Nervenkerne und Wurzelfasern nicht einnehmen, wird erfüllt von Ganglien und Bahnen, die das Rückenmark mit höheren Centren verbinden, auch von solchen, welche geeignet sind, einzelne Höhen des Rückenmarks unter einander zu verknüpfen.

Sowohl in dem verlängerten Mark, als im Rückenmark finden wir bei einzelnen Thieren besondere, aus der Hypertrophie von bereits Vorhandenem hervorgegangene Gebilde. Ich erwähne nur die mächtige Hypertrophie des motorischen Trigeminuskernes der Rochen zum Lobus electricus, den enormen, hoch in den Ventriculus quartus ragenden Vaguskern der Fische (versorgt mit dem Trigeminus das Hautsinnessystem), und die Hypertrophie der Hinterhörner des Rückenmarkes bei gewissen Knochenfischen (Trigla) als Beispiele.

Vierte Vorlesung.

Die Formverhältnisse des Gehirns beim Menschen.

M. H.! Wenn sich auch diese Vorlesungen nicht an den Anfänger, sondern an Hörer richten, welche bereits im Allgemeinen mit den gröberen Formverhältnissen des Gehirns bekannt sind, so wird es doch nicht ganz überflüssig sein, wenn Sie sich heute wieder einmal diese Verhältnisse als klares Bild vor Ihrem geistigen Auge erstehen lassen. Die Umrisse der Karte, in die wir später alle die Punkte und Strassen, welche von Wichtigkeit sind, einzeichnen wollen, werden durch eine kurze Wiederbelebung des früher Erlernten nochmals zweckmässig fixirt. Orientirt durch die Entwicklungsgeschichte, werden Sie sicher leicht die morphologischen Verhältnisse verstehen, welche das Organ des erwachsenen Menschen bietet.

Ein frisches Gehirn wird auf seine Basis gelegt. Den grossen Hirnspalt, welcher die Hemisphären trennt, und die Fossa Sylvii, welche mit der Ausbildung des Schläfenlappens entstand, werden Sie leicht auffinden. Da das Vorderhirn die meisten anderen Hirntheile überwachsen hat (s. Fig. 5), so könnte man sich diese letzteren von hinten her ansichtig machen, wenn man die Hemisphären aufhöbe, von ihnen abdeckte; auch dadurch könnte es geschehen, dass man die letzteren abtrüge, zum Theil entfernte. Dieser Modus bietet den Vortheil, dass wir auch die Seitenventrikel und das Corpus striatum besser zu Gesicht bekommen. — Gehen wir deshalb ihm folgend vor!

Das horizontal gelegte Messer durchzieht immer beide Hemisphären gleichzeitig und trägt von ihnen 2—3 mm dicke Platten ab. Die erste und

die zweite dieser Platten enthalten sehr viel graue Rinde und relativ wenig von ihr umschlossene weisse Substanz, aber schon in der dritten Platte hat man beiderseits ein grosses weisses Markfeld mitten in der Hemisphäre blossgelegt, das Centrum semiovale. In ihm verlaufen alle Faserzüge, welche von der Rinde nach abwärts ziehen, und ein Theil der Fasern, welche verschiedene Rindengebiete unter einander verbinden. Wenn man die Fig. 6 betrachtet, sollte man beim Weiterschneiden erwarten, dass in der Mitte zwischen beiden Hemisphären nur noch eine dünne Epithelschicht über den Ventrikeln liege. Dem ist aber nicht so. In einer späteren Embryonalperiode sind dicke Fasermassen quer über die Ventrikel von Hemisphäre zu Hemisphäre bei *a* der Fig. 6 gewachsen. So kommt man denn in der Tiefe des grossen Hirnspaltes nicht auf die Ventrikel, sondern auf den Balken (Corpus callosum), wie die Masse der Querfasern bezeichnet wird. Der Balken wird nun durchtrennt und, nachdem auch in beiden Seitenhälften, was noch von weisser Substanz über den Ventrikeln stehen geblieben ist, entfernt wurde, vorn und hinten abgeschnitten. Dabei zeigt sich, dass er mit seiner Unterfläche an dünnen weissen Faserzügen festklebt, welche, die Ventrikelhöhle überspannend, vorn und hinten in die Tiefe der Ventrikel hinabziehen. Sie gehören dem Gewölbe (Fornix) an.

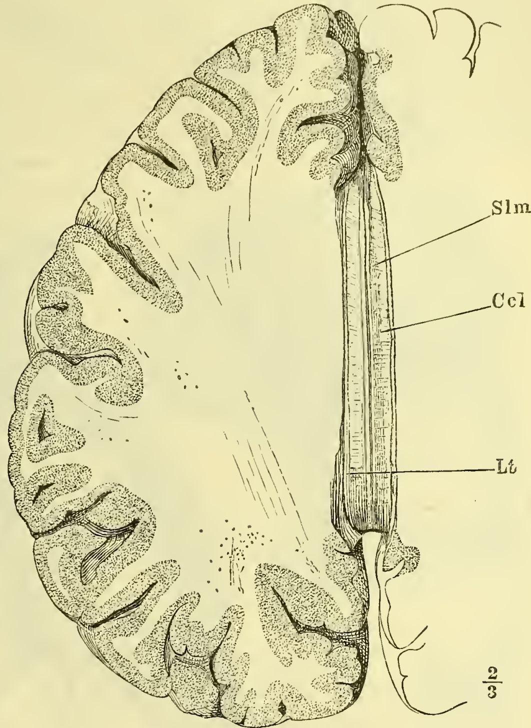


Fig. 26.
Vorderhirn von oben. Die Hemisphären auf das Niveau des Balkens (*Ccl* Corpus callosum = Balken) abgetragen. Der weisse Raum zwischen *Ccl* und Rinde ist das Centrum semiovale. *Lt* Ligamentum tectum, Stria longit. Lancisi, ein Theil der dem Balken benachbarten Hirnrinde; *Slm* Striae longitudinales mediales, weisse Längsfaserzüge, die sich mehrfach unter einander verflechten, auf der Balkenmitte. Nach Henle.

Der Fornix ist eine Combination von Faserbündeln, die immer den Hemisphärenrand entlang ziehen. Sie entwickeln sich als Columnae fornicis beiderseits aus dem medialen Rande des Unterhorns (Fig. 27 hinten), treten dann convergirend über den hinteren Theil des Thalamus und vereinigen sich über dem Ventrikel zu einem breiten Zuge (Corpus fornicis). In dem Winkel, wo sie zusammenstossen, ziehen eine Anzahl Querfasern dahin, diesen so zu einem Dreieck ausfüllend. Das Dreieck heisst Lyra Davidis, Psalterium. Es liegt unter dem caudalen Bal-

kenende und ist mit diesem meist verklebt. Der Balken liegt also hier dem Hemisphärenrand dicht an. Gelegentlich kommt es vor, dass er doch etwas entfernt von ihm bleibt; dann erkennt man zwischen Fornix und

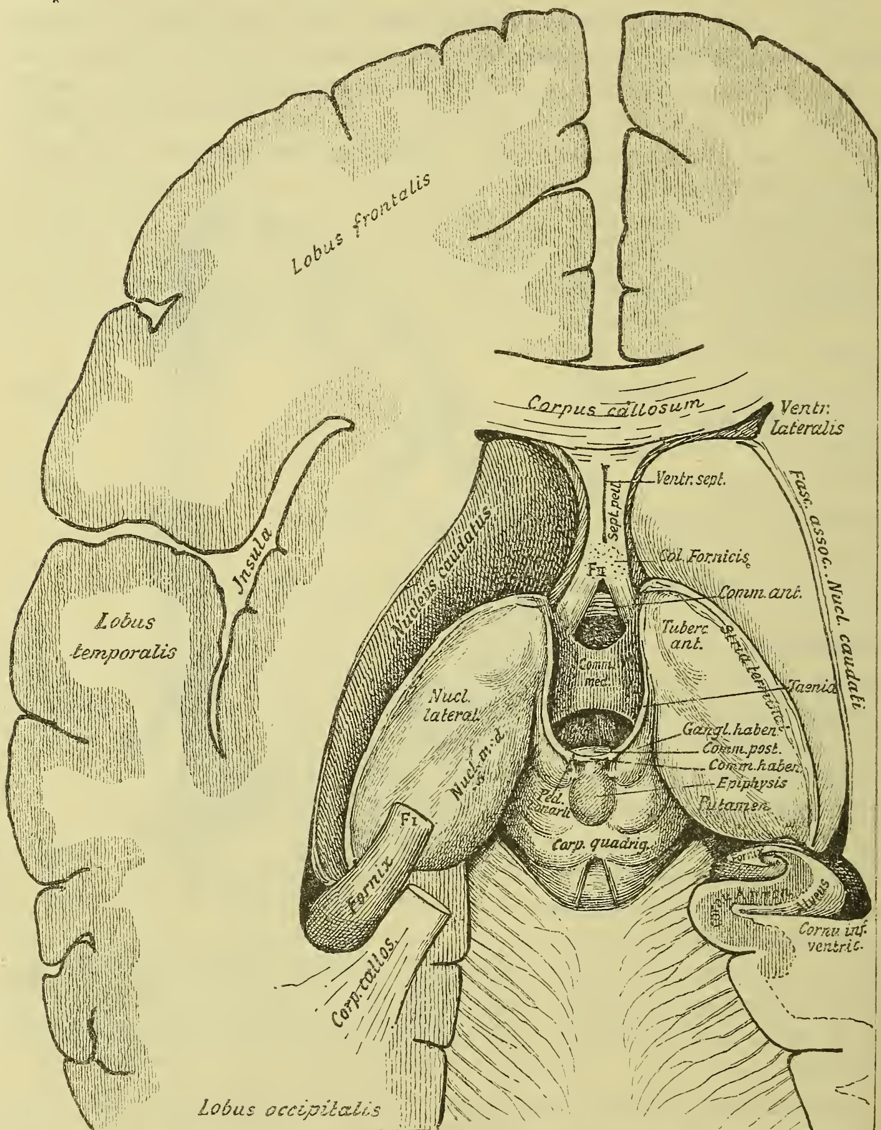


Fig. 27.
Das Gehirn von oben her durch einen Horizontalschnitt geöffnet. Die beiden Hemisphären etwas durch Zug von einander entfernt.

Balken einen kleinen Hohlraum (Ventriculus Verga). Im vorderen Theile des Gehirns aber tritt der Balken ganz regelmässig vom Hemisphärenrand zurück und es bleibt zwischen ihm und dem Ventrikel ein Stück der sagittalen

Hemisphäreninnenwand zurück. Dieses unter (auf unserem Horizontalschnitt hinter) dem Balken liegende Stück der medialen Hemisphärenwand ist das Septum pellucidum. Der zwischen dem rechten und linken Septum bleibende Theil des Hemisphärenspaltes wird Ventriculus septi pellucidi genannt. Wenn Sie sich auf der Fig. 27 einmal den Balken hinwegdenken wollen, so wird Ihnen sofort die Fortsetzung der Hemisphärenwand in das Septum und die Bedeutung des Ventriculus klar sein. Dieser ist kein eigentlicher Ventrikel, sondern nur das durch den Balken überdeckte Stück des Spaltes zwischen den Hemisphären.

Der Fornix begrenzt natürlich auch diesen Theil der Hemisphärenwand. Er spaltet sich am vorderen Ende des Corpus wieder in zwei Züge, Columnae fornicis, die als caudale Verdickung jedes Blattes des Septum pellucidum vor dem Thalamus in die Tiefe ziehen und an der Grenze von Vorder- und Zwischenhirn in der Hirnbasis ein vorläufiges Ende erreichen.

In Fig. 27 ist das Corpus fornicis mit dem Balken weggenommen und nur der frontale und caudale Abschnitt des Gewölbes sichtbar geblieben. Rechts, wo der Schnitt durch die weisse Substanz etwas tiefer liegt, ist der Fornix in seinem als Fimbria bezeichneten Theile durchtrennt, er liegt da noch seiner Ursprungsstätte, dem Ammonshorne, dicht an. Links habe ich ihn erst da durchschnitten, wo er sich über die Thalamusoberfläche weg wölbt.

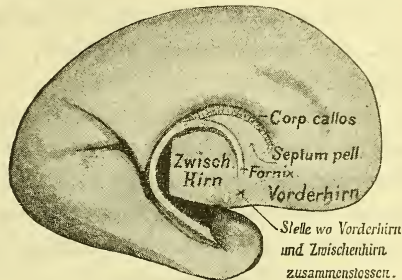


Fig. 28.
Innenansicht der auf Fig. 7 abgebildeten embryonalen Hemisphäre; zeigt den inneren unteren Rand der Hemisphäre, welcher zum weissen Markstreif des Fornix verdickt ist. Derselbe wird aber erst nach der Geburt markweiss.

Wenn Sie die Punkte F' und F'' der Fig. 27 durch einen sanft über den Thalamus wegziehenden Bogen verbinden, so haben Sie den Verlauf des Fornix wiederhergestellt. An dem beistehenden medianen Längsschnitt durch ein embryonales Gehirn werden Sie sich leicht den Verlauf des Fornix klar machen können. Sie erkennen da, dass er, aus der Spitze des Schläfenlappens entspringend, im Bogen das Zwischenhirn überspannt und sich vor diesem zur Zwischen-Vorderhirngrenze herabsenkt.

Nachdem der Fornix und der an ihm hängende Plexus choroideus durchtrennt und abgeschnitten sind, blickt man in die geöffneten Ventrikel (Fig. 27). Der medialst liegende, unpaare ist der Hohlraum des primären Vorderhirns, jetzt Ventriculus tertius genannt. An seinem vorderen Ende steigt aus der Tiefe der Fornix auf. Jederseits vom Fornix liegt dann die Fortsetzung des Ventriculus medius in die Ventriculi laterales (Foramen Monroi). Der Theil dieses Ventrikels, welcher im Stirnlappen liegt, heisst Vorderhorn, der im Occipitallappen Hinterhorn, der Hohlraum des Schläfenlappens wird Unterhorn genannt. Sie können leicht den Finger in jedes dieser Hörner einführen. Die basalen Gebiete

beider Hemisphären sind durch die Commissura anterior unter einander verbunden. Ihr markweisses Faserbündel sehen Sie vor den Fornixschenkeln dahinziehen.

Aus dem Boden des Seitenventrikels erhebt sich der Nucleus caudatus; weiter nach hinten werden Theile sichtbar, die nicht mehr zu den Hemisphären gehören, das Zwischenhirn (Thalamus opticus) und das Mittelhirn (Corpora quadrigemina). Hinter diesem zeigt sich das Dach des Hinterhirnes, das Cerebellum.

Der Hohlraum zwischen beiden Thalamis, der Ventriculus medius, ist der Hohlraum der einstigen Zwischenhirnblase. Nach oben ist er von dem gefalteten Plexus choroides abgeschlossen, an dessen caudalem Ende die nun solid gewordene Zirbelausstülpung, Glandula pinealis, liegt. Der Boden des Zwischenhirns, der nach vorn natürlich durch die embryonale Schlussplatte gebildet wird, besteht aus grauer, sich trichterförmig nach der Schädelbasis hinabsenkender Substanz. Diese Ausstülpung heisst Tuber cinereum, ihr Hohlraum Infundibulum, Trichter. In Fig. 27 ist sie nicht sichtbar, wohl aber auf dem Medianschnitt der Fig. 25.

Die Furche zwischen Thalamus und Nucleus caudatus wird von einer langen Vene durchzogen, unter der man regelmässig einen dünnen weissen Faserzug, Stria terminalis, Taenia semicircularis findet. An der Oberfläche des Thalamus kann man bald mehr bald weniger deutlich einzelne Einbuchtungen erkennen, welche Höcker der Oberfläche von einander scheiden. Diese Höcker entsprechen den Thalamuskernen. Immer nachweisbar ist vorn das Tuberculum anterius, die gewölbte Oberfläche des Nucleus anterior thalami. Auch die Scheidung zwischen einem medialen und einem lateralen Thalamuskern ist zuweilen ausgesprochen. Innen ist der ganze Thalamus bedeckt vom centralen Höhlengrau, das auf eine kurze Strecke sich mit dem Grau der anderen Seite zur Commissura mollis vereint. In dieses Grau tauchen ganz vorne die Fornixschenkel ein. Nahe der Stelle, wo dies geschieht, sieht man jederseits ein Faserbündelchen sich aus der Tiefe erheben, das auf die Thalamusoberfläche gelangt und dicht an der medialen Kante rückwärts zieht. Es taucht dann vor dem Mittelhirn zum grössten Theile ein in einen langgestreckten Körper am dorsalen Thalamusrand, das Ganglion habenulae. Das Bündel heisst Taenia thalami und bildet einen Zuzug aus dem Riechapparate an der Hirnbasis zum Zwischenhirn.

Ein Theil der Taenia zieht, noch andere Fasern aufnehmend, weiter bis hinter das Ganglion habenulae und begiebt sich direct vor der Zirbel auf die andere Seite. Dies Stück von dem Ganglion bis zur Zirbel heisst Pedunculus conarii, weil an ihm die Zirbel aufzusitzen scheint. Die direct vor der Epiphyse liegende Kreuzung der Bündel wird als Commissura thalami superior, Commissura habenularis bezeichnet. Diese Kreuzung liegt direct dorsal und frontal von der Commissura posterior, von der sie meist gar nicht getrennt wurde. S. auch Fig. 42.

Die graue Masse des Thalamus ist von weissen Fasern (Stratum zonale), welche zum Theil zum Nervus opticus gelangen, überzogen. Einen Hauptursprungspunkt für diesen Nerven bildet eine Anschwellung am hinteren Theil des Thalamus, das Pulvinar. In diesem Ganglion und in zwei Höckern, die auf seiner Unterseite liegen (Corpus geniculatum mediale und laterale), verschwindet der grösste Theil des Nervus opticus.

Die Faserzüge aus den Hemisphären, welche zwischen diesen und dem Zwischenhirn in der Tiefe gelagert waren, treten caudal vom Zwischenhirn zum grossen Theil aus der Hirnmasse heraus und liegen dann als zwei dicke Stränge frei an der Unterfläche der folgenden Hirnabtheilung, des Mittelhirnes. Sie heissen in ihrer Gesammtheit Hirnschenkel, Pedunculi cerebri.

Hinter der Zirbel beginnt das Mittelhirndach, als dessen vordersten Theil wir die Commissura posterior ansehen, deren Schenkel durch das Mittelhirn caudalwärts ziehen. Die hinter dieser Commissur sichtbar werdenden Vierhügel werden wir später noch genauer kennen lernen.

Von dem Corpus striatum ist, wenn das Gehirn von oben her, wie wir es eben gethan, geöffnet wird, nur der mediale Theil, der Nucleus caudatus, sichtbar, der laterale, der Nucleus lentiformis, liegt tiefer und ist von den Markmassen bedeckt, die über ihn weg in die Capsula interna ziehen. Man könnte ihn zu Gesicht bekommen, wenn man nach aussen vom Nucleus caudatus in die Tiefe ginge. Besser aber werden Sie sich über seine Form orientiren, wenn ein Frontalschnitt quer durch das ganze Gehirn da gelegt wird, wo in Fig. 27 hinter dem dicksten Theil (Caput) des Nucleus caudatus der Thalamus beginnt, also dicht hinter den aufsteigenden Fornixschenkeln.

Es ist nicht sehr schwer, sich über das so entstehende Querschnittsbild Fig. 29 zu orientiren, wenn Sie sich der in Fig. 6 gezeichneten Verhältnisse erinnern. Die Hirnwand ist wesentlich dicker als zur Fötalzeit, vom Boden her ragt aber noch wie auf jenem Schnitt das Corpus striatum in die Ventrikelhöhle. Der äussere Spalt ist jetzt dadurch verlegt, dass die Stabkranzfaserung aus der Rinde im spätembryonalen Leben sehr zugenommen hat. In der Tiefe des grossen Hirnspaltes wird, wie Sie sehen, der Ventrikel durch die dicke Querfaserung des Balkens gedeckt. Zu diesem steigen aus der Tiefe die zwei Fornixschenkel, zwischen den dünnen Blättern des Septum pellucidum den Ventriculus septi pellucidi frei lassend. Sie ragen frei in einen Hohlraum hinein, den Seitenventrikel. Dieser wird nach aussen begrenzt vom Corpus striatum. Gerade hier sehen Sie sehr schön, wie das Corpus striatum von den dicken Fasermassen der inneren Kapsel durchbrochen und anscheinend in zwei Ganglien getheilt ist. Im Linsenkern, also in dem äusseren Theil des Corpus striatum, unterscheiden Sie leicht drei Abtheilungen; nur das äussere dieser drei Glieder, das dunkler gezeichnete, Putamen genannt, ist gemeinsam mit dem Schwanzkern als Ursprungsgebiet von Fasern anzusehen. Die beiden inneren (Globus pallidus) sind in ihrer Bedeutung noch unklar. Der Globus

pallidus besteht zuweilen aus drei und mehr Abtheilungen. Nach aussen von dem Linsenkern liegt noch eine dünne graue Masse in der Hemisphärenwand, die Vormauer, Claustrum. Der Raum zwischen ihr und dem Linsenkern heisst Capsula externa. Weiter nach aussen folgt dann die Rinde der Insel. Die graue Masse am Boden des mittleren Ventrikels gehört der Wand des Infundibulum, dem Tuber cinereum an. Man bezeichnet sie und ihre Fortsetzungen als centrales Höhlengrau. Da, wo dieses und die Rinde des Schläfenlappens an einander grenzen,

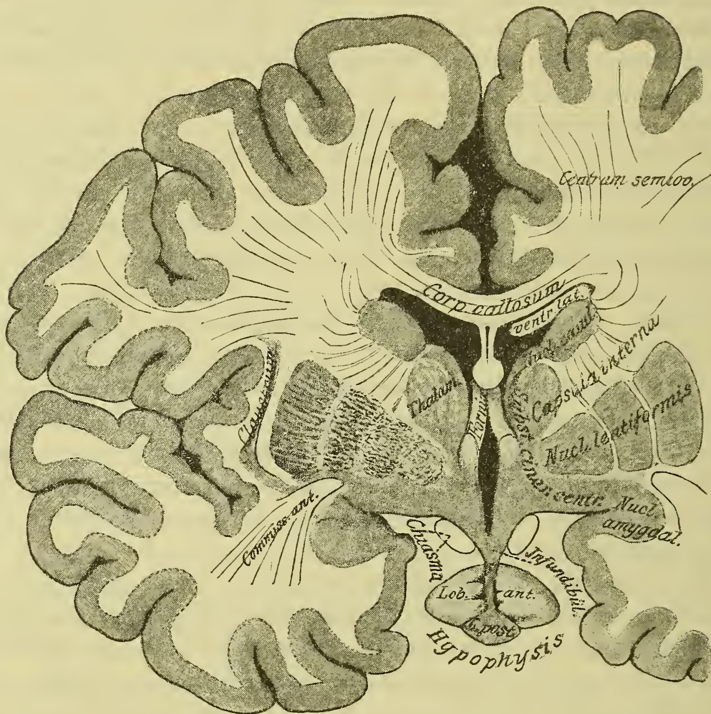


Fig. 29.
Frontalschnitt durch das Gehirn des Erwachsenen. Erklärung im Text.

liegt ein grosser rundlicher Kern, der Nucleus amygdalae, Mandelkern. Er steht wahrscheinlich in Beziehungen zu dem Ursprungsapparat des Riechnerven. Seinem feineren Bau nach soll er (Mondino) dem Claustrum gleichen. Aus der Gegend des Mandelkernes, wahrscheinlich aus dem Kerne selbst, entspringt ein Theil der Faserbündel, die als Stria cornea zwischen Thalamus und Schwanzkern dahinziehen.

Aus vergleichend anatomischen Erfahrungen wissen wir, dass die noch dem centralen Höhlengrau zugezählte horizontale Partie der Abbildung zwischen Trichter und Mandelkern ein beim Menschen sehr atrophirtes Rindengebiet ist. Man bezeichnet sie als Riechfeld.

Zwischen den Fornixschenkeln sehen Sie in Fig. 27 die vordere Commissur. Ihre Fasern krümmen sich, indem sie durch das Corpus

striatum treten, nach rückwärts. So kommt es, dass wir dicht unter dem äusseren Gliede des Linsenkerns ihrem Querschnitte nochmals begegnen. Fig. 29 links unten.

Ich kann Ihnen, meine Herren, nicht eifrig genug empfehlen, alle in der heutigen Vorlesung genannten Gebilde am frischen Gehirn aufzusuchen und sich über ihre Lage durch eigene Präparation zu orientiren. Die Darstellung durch Bild und Wort wird Ihnen hierbei wohl einen festen Anhalt geben, sie kann aber nie das ersetzen, was durch Studium am frischen Präparat gewonnen wird.

Wir wollen jetzt ein anderes Gehirn vornehmen und die Windungen und Furchen der Grosshirnoberfläche betrachten.

Es ist noch nicht so lange her, dass die Anatomen wenig und die Aerzte gar kein Interesse der Lehre von der Gestaltung der Hirnoberfläche entgegenbrachten; noch ist nicht so gar viel Zeit verflossen, seit Ordnung gebracht wurde in das anscheinend so unregelmässige Chaos der Hirnwindungen, dass klare Abbildungen an die Stelle jener älteren Tafeln getreten sind, von denen ein Autor mit Recht sagt, dass sie eher eine Schüssel voll Maccaroni, als ein Gehirn darstellten. Für das menschliche Gehirn speciell ist das Interesse erst recht lebhaft geworden, als die Physiologie und bald genug auch die Pathologie gezeigt hatten, wie verschiedenartig Reizungen, Exstirpationen, Erkrankungen sich äussern, je nachdem sie die eine oder die andere Windung der Hemisphärenoberfläche treffen.

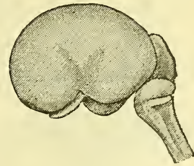


Fig. 30.
Gehirn einer menschlichen Frucht aus der 13. Woche.

Nur durch das Wort und die Zeichnung wird es mir nicht gelingen, Sie mit den Windungszügen so, wie es wünschenswerth ist, vertraut zu machen. Wollen Sie deshalb ebenfalls ein Gehirn zur Hand nehmen und meinem Vortrage folgend, Furche für Furche, Windung für Windung sich aufsuchen.

Die ursprünglich linsenförmigen Hemisphären wachsen, wie Sie wissen, nach vorn und hinten aus. Nur in der Mitte, da, wo innen das Corpus striatum liegt, folgt die Wand nicht so rasch dieser Ausdehnung und geräth so allmählich mehr in die Tiefe. Die flache Depression, welche so am Stammtheil der Hemisphäre entsteht, heisst Fossa Sylvii, und jene Partie, welche in der Grube liegt, der Stammlappen oder die Insula Reili. Die Insel ist also diejenige Rindenpartie, welche den Grosshirnganglien aussen anliegt. Sie ist anfangs noch ganz unbedeckt, wird aber später mehr und mehr von dem auswachsenden Grosshirn verborgen.

Sie finden leicht am ausgebildeten Gehirn diese Grube und ihre caudale Verlängerung, die grösste der Hirnfurchen, die Fissura Sylvii auf, und entdecken, wenn Sie dieselbe auseinanderziehen, in ihrer Tiefe die Insel, die, wie Sie dann sehen, von einigen senkrecht und schräg gestellten Furchen durchzogen ist. Im fünften Schwangerschaftsmonat sind

die Theile der Sylvischen Spalte, ein vorderer und ein hinterer, schon sehr deutlich. Das übrige Gehirn ist noch glatt. (Vergl. Fig. 7.)

Von dieser Entwicklungszeit ab treten auf der Hirnoberfläche durch locale Erhebungen der Hemisphärenrinde Furchen (Sulci oder Fissurae) auf, welche in den späteren Monaten sich mehr und mehr ausbilden, bis dann zur Zeit der Geburt fast alle Furchen und Windungen deutlich ausgeprägt sind, welche das Gehirn des Erwachsenen besitzen wird.

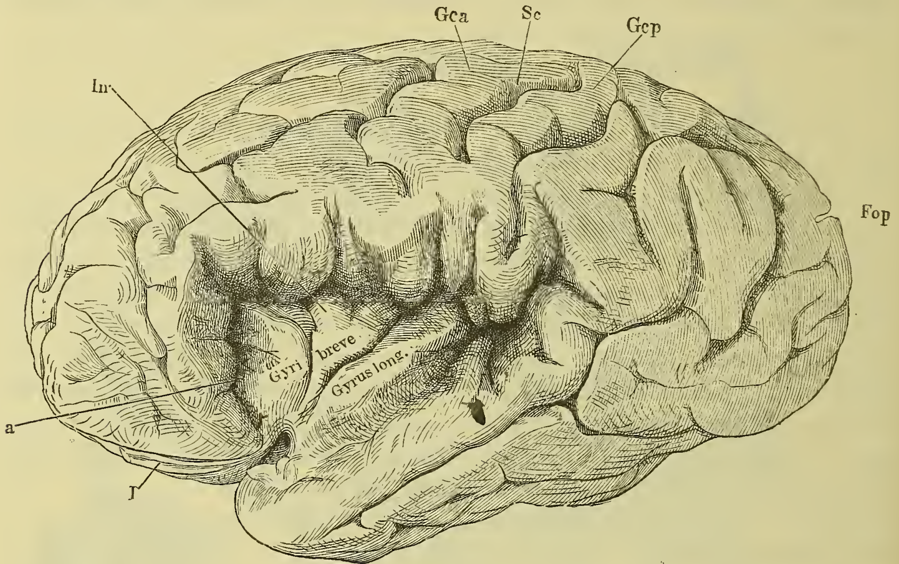


Fig. 31.

Die linke Hemisphäre mit auseinandergezogener Fissura Sylvii, um die Windungen der Insel *In* zu zeigen. *Sc* Sulcus centralis. *Gca*, *Gcp* Gyrus centralis anterior und posterior. *Fop* Fiss. parieto-occipitalis. Nach Henle.

Die folgenden rein schematischen Abbildungen mögen Ihnen als Wegweiser beim Studiren der Hirnoberfläche dienen. Nur die wichtigeren constanten Windungen und Furchen sind darin aufgenommen. Das einfache Schema prägt sich leichter dem Gedächtniss ein, als Abbildungen der wirklichen Hirnoberfläche, welche alle die kleineren Windungen, die seichteren Furchen, welche inconstant sind, neben den tieferen constanten Gebilden wiedergeben. Wollen Sie zunächst die Fissura Sylvii aufsuchen. Sie trennt den grössten Theil des Schläfenlappens vom übrigen Gehirn. Man unterscheidet einen langen hinteren, und einen oder zwei kurze vordere, nach oben gerichtete Schenkel an ihr. Die Gehirnmasse, welche da liegt, wo jene zusammenstossen, deckt die Insel zu und heisst Operculum. Wenn man die Hirntheile, welche die Sylvische Spalte umgeben, auseinanderzieht, wie es an dem Fig. 31 abgebildeten Präparate geschehen ist, so bietet sich die Insel frei dem Blicke. Man erkennt, dass sie durch eine tiefe, schräg von vorn nach hinten über sie aufwärts ziehende Furche, Sulcus centralis insulae, in zwei Läppchen getheilt wird. In dem

vorderen breiteren bilden mehrere fast senkrecht gestellte Furchen 3—4 Gyri breves insulae, das hintere ist eigentlich nur ein einziger längerer Windungszug, der Gyrus longus. Er grenzt direct an den Schläfenlappen. In dem Operculum beginnt eine wichtige Furche, die von da zur Hirnkante aufsteigt, oft auch in diese einschneidet, der Sulcus centralis, die Centralfurche. Nicht selten theilt eine kleine Uebergangswindung in der Tiefe der Spalte diese in eine untere und eine obere Hälfte. Die neueren chirurgischen Operationen am Gehirn, ebenso die aus physiologischen Studien gewonnene Erkenntniss haben es wünschenswerth gemacht, die Länge der Furche in Theile zu zerlegen. Als Anhaltspunkte dienen die beiden auf der Abbildung mit * bezeichneten Kniee, das obere und das untere Knie der Centralspalte. Suchen Sie sich die Furche

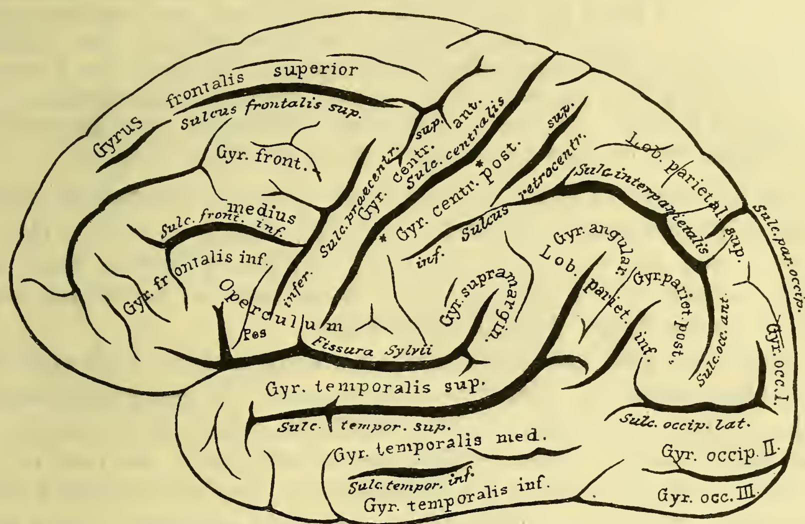


Fig. 32.
Seitenansicht des Gehirns. Die Gyri und Lobuli sind mit Antiquaschrift, die Sulci und Fissurae mit Cursivschrift bezeichnet.

in Fig. 32 auf. Sie trennt den Lobus frontalis vom Lobus parietalis. Was nach unten von der Sylvischen Spalte liegt, heisst Lobus temporalis. Vor dem Sulcus centralis liegt die vordere Centralwindung[1]), hinter ihm die hintere Centralwindung[2]). Das Gebiet vor der vorderen Centralwindung, der Stirnlappen, wird durch zwei Furchen, die obere und die untere Stirnfurche, in drei Windungen, die obere, mittlere und untere Stirnwindung, getheilt. Diese Stirnwindungen sind nicht immer in der ganzen Länge des Stirnlappens scharf von einander geschieden, da die Stirnfurchen oft genug nach kurzem Verlauf durch Querbrücken unterbrochen werden. Sie finden leicht an jedem Ge-

1) Circonvolution frontale ascendente } der französischen Autoren.
2) Circonvolution pariétale ascendente }

hirn diese drei über einander liegenden Theile des Stirnlappens und bemerken wohl auch, dass sie mit der vorderen Centralwindung durch mehrere Uebergangswindungen zusammenhängen. Geschieden werden sie von dieser Windung durch eine in ihrer Länge und Tiefe sehr veränderliche Furche, den Sulcus praecentralis, von dem neben einem constanteren unteren zuweilen ein kürzerer oberer Abschnitt nachweisbar ist. Das Verhältniss, welches hier die Abbildung der Figur 32 bietet, soll nach Untersuchungen von Schnopfhagen das häufigste sein.

An der sehr breiten mittleren Stirnwindung wird neuerdings ein medialer von einem lateralen Abschnitt unterschieden. Die untere Stirnwindung wird von den beiden kurzen vorderen Aestchen der Fissura Sylvii eingeschnitten. Sie vereinen sich in Form eines V am Hauptaste. Die Gegend dieses V ist der als Pars opercularis bezeichnete Abschnitt der Windung. Hier kommen je nach der Höhe der intellectuellen Entwicklung nicht unbeträchtliche Variationen vor. Speciell der Abschnitt, welcher zwischen dem caudalen Schenkel des V und der vorderen Centralwindung liegt, der Fuss der unteren Stirnwindung, ein einfacher Windungszug, zeigt oft Einkerbungen, Verbreiterungen u. dergl. Am Gehirn Gambetta's, bekanntlich eines hervorragenden Redners, war er links zur Doppelwindung geworden (Hervé).

Der Schläfenlappen ist von mehreren Furchen durchzogen, welche parallel mit der Fissura Sylvii laufen und eine obere (erste), mittlere (zweite) und untere (oder dritte) Temporalwindung mehr oder weniger scharf von einander trennen. Meist sind nur die beiden ersten in ihrer ganzen Länge deutlich abscheidbar.

Suchen Sie jetzt das Gebiet hinter der Centralfurche, nach oben vom Schläfenlappen auf; es heisst Parietallappen. In ihm wird durch eine Furche, Sulcus interparietalis, welche im Bogen um die Enden der Fossa Sylvii und der ersten Schläfenfurche herumläuft, ein oberer und ein unterer Parietallappen abgeschieden. Der obere ist durch nichts vom grössten Theile der hinteren Centralwindung geschieden, wenn nicht, was übrigens oft vorkommt, ein Zweig des Sulcus interparietalis nach der Hemisphärenkante hinaufsteigt und so die Verbindung bedeutend verschmälert.

Dieser Ast, Fissura retrocentralis sup., kommt auch getrennt von der Interparietalspalte vor. Die Interparietalspalte lässt drei, gelegentlich auch gesondert auftretende Abschnitte erkennen. Der frontale Abschnitt wird als Fissura retrocentralis inf., der caudale als Sulcus occipitalis anterior oder perpendicularis bezeichnet.

Den Theil des unteren Scheitellappens, welcher das Ende der Fissura Sylvii umkreist, nennt man Gyrus marginalis, den dahinter liegenden Theil, welcher um die obere Schläfenfurche zieht, Gyrus angularis. Den ersteren sehen Sie an jedem Gehirn sofort, den letzteren Gyrus müssen Sie sich mit etwas mehr Mühe aufsuchen. Sie finden ihn in dem Raume, welcher von der Interparietalfurche nach oben, von der oberen Schläfenfurche resp. deren Ende nach unten abgeschlossen ist; eben um dieses Ende schlägt sich ja sein hinterer Theil herum. Die Gegend des Gyrus

angularis ist localisatorisch wichtig. Es ist deshalb vortheilhaft, sie gut begrenzen zu können. Der kleine Windungszug, direct caudal von derselben, lässt sich als Gyrus parietalis posterior bezeichnen.

Der Occipitallappen ist aussen nicht an allen Gehirnen so gleichmässig gefurcht, dass man immer die von den Autoren angegebene erste (obere), zweite (mittlere) und dritte (untere) Occipitalwindung leicht und ohne Künstelei wiederfinden könnte. Von dem Scheitellappen ist er gewöhnlich durch die vordere Occipitalfurche, welche senkrecht hinter dem Gyrus parietalis posterior herabzieht, von dem Schläfenlappen durch eine horizontal in der Verlängerung der zweiten Schläfenfurche verlaufende laterale Occipitalfurche geschieden. Nach vorn oben hängt er mit dem Parietallappen zusammen.

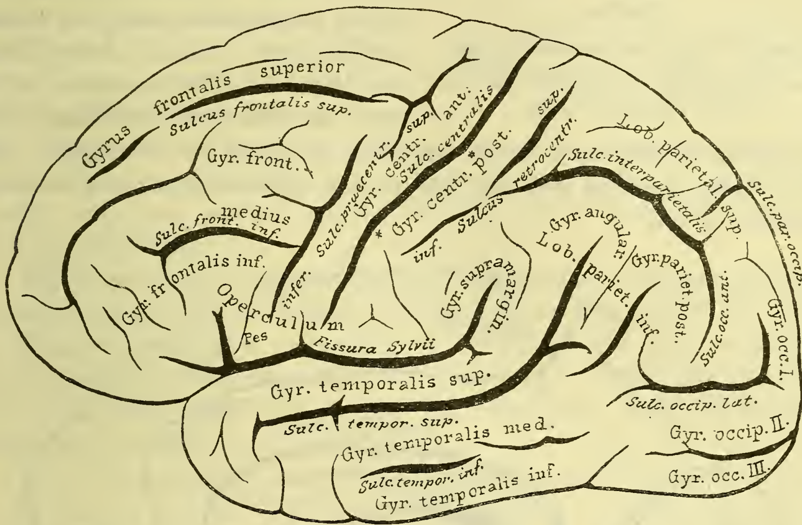


Fig. 33.
Seitenansicht des Gehirns.

Haben Sie alle diese Furchen und Windungen gefunden, so schneiden Sie das Gehirn, dem grossen Längsspalt zwischen den Hemisphären folgend, mitten durch und studiren nun die mediale Seite desselben.

Die wichtigsten Theile der medialen Hemisphärenwand haben wir schon in der zweiten Vorlesung kennen gelernt, als wir die Entwicklungsgeschichte derselben studirten. Ich erinnere Sie nochmals daran, dass wir damals erfuhren, dass der Hemisphärenrand zum Fornix verdickt in einem Bogen der nach hinten und unten auswachsenden Hemisphäre folgt, dass vorn, da wo der Balken durchbrach, noch das Stück der Innenwand, welches zwischen ihm und dem Fornix lag, als Septum pellucidum erhalten blieb.

Durch die Entwicklungsgeschichte orientirt, verstehen Sie leicht den vorhin angefertigten Schnitt durch das Gehirn des Erwachsenen. An dem

Präparat, nach welchem vorliegende Zeichnung Fig. 35 gefertigt wurde, sind, ebenso wie hier an dem wieder demonstrirten embryonalen Gehirn (Fig. 34), alle Theile, welche hinter der Mitte des Thalamus liegen, abgeschnitten, weil sie die Unterseite des Schläfenlappens verdecken und ein Verfolgen der Fornixzüge nicht gestatten.

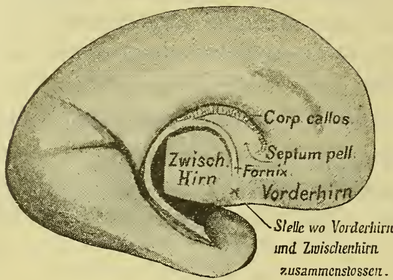


Fig. 34.
Innenansicht der auf Fig. 7 abgebildeten embryonalen Hemisphäre; zeigt den inneren unteren Rand der Hemisphäre, welcher zum weissen Markstreif des Fornix verdickt ist. Derselbe wird aber erst nach der Geburt markweiss.

Sie erblicken also jetzt auf dem Längsschnitte in der Mitte das Zwischenhirn, resp. seine laterale Wand, den Thalamus opticus. An der Grenze zwischen ihm und dem Grosshirn zieht der zu einem weissen Markstreif verdickte Hemisphärenrand, der Fornix, im Halbbogen dahin. An der Grenze von Mittel- und Zwischenhirn tritt er nahe der Hirnbasis zuerst auf, steigt als Columna fornicis dorsalwärts, begleitet den Rand der Hemisphäre dann immer weiter, krümmt sich mit ihm in den Schläfenlappen und endet erst an dessen Spitze.

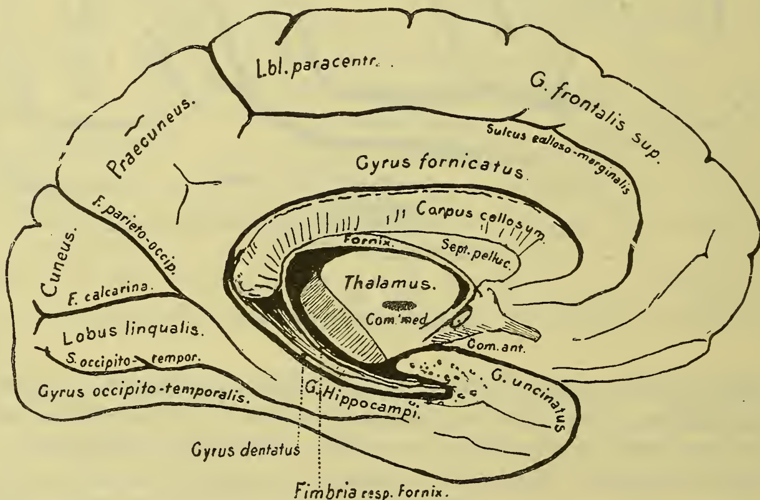


Fig. 35.
Längsschnitt durch die Mitte eines Gehirns vom Erwachsenen. Der hintere Theil des Thalamus, die Hirnschenkel u. s. w., sind abgetrennt, um die Innenseite des Schläfenlappens frei zu legen.

Die horizontale Masse quer durchtrennter Fasern über dem Fornix gehört dem Balken (Corpus callosum) an; an diesem erkennen Sie vorn das Knie, Genu, hinten das Splenium, den Wulst, und in der Mitte den Körper. Zwischen Balken und Fornix liegt das dreieckige Feld des Septum. Ausserdem erkennen Sie dicht vor dem Fornix unten die

Commissura anterior, hinter ihm die Commissura media, beide natürlich auf dem Querschnitte.

Der Theil der Hemisphärenscheidewand, welcher über dem Balken liegt, ist von wenigen und ziemlich constanten Furchen durchzogen.

Zunächst zieht dem Balken parallel der Sulcus calloso-marginalis. Hinten wendet er sich nach oben zur Hemisphärenkante und endet dort in einem kleinen Einschnitt caudal von der hinteren Centralwindung.

Der Sulcus calloso-marginalis, der auch die Namen Randfurche, Fissura limbica, Fissura splenialis, Fissura subfrontalis führt, besteht eigentlich aus drei hinter einander liegenden, nicht selten wirklich getrennten Stücken.

Was nach vorn und oben von dieser Fissur liegt, rechnet man zur oberen Stirnwindung; der Windungszug, welcher zwischen der Furche und dem Balken einherzieht, heisst Gyrus fornicatus. Ein Blick auf ein Präparat oder auf unsere Abbildung zeigt Ihnen, dass der Gyrus fornicatus sich in seinem hinteren Theil nach oben hin verbreitert und über die Hemisphärenkante hinweg direct in den Lobus parietalis superior übergeht. Diese Verbreiterung heisst Praecuneus. Direct vor dem Praecuneus liegt eine Rindenpartie, welche aussen an beide Centralwindungen anstösst und diese unter einander verbindet. Sie wird als Paracentrallappen bezeichnet.

Hinten erreicht der Praecuneus sein Ende an einer tief einschneidenden, immer etwas auf die Aussenseite der Hemisphäre übergreifenden Furche, der Fissura parieto-occipitalis. Diese Fissura parieto-occipitalis greift manchmal sehr weit über die Innenfläche hinaus und verläuft als tiefe, senkrechte Furche aussen über die Hemisphäre. Das ist namentlich häufig bei Idiotengehirnen der Fall.

In die Fissura parieto-occipitalis mündet in spitzem Winkel die Fissura calcarina. Diese Furche liegt gerade in der Aussenwand des früher genannten Hinterhorns des Seitenventrikels. Die durch sie eingestülpte Hirnwand markirt sich als länglicher Wulst in dem Hinterhorn. Dieser Wulst wird als Calcar avis oder als Pes Hippocampi minor bezeichnet. Der dreieckige, von den beiden letztgenannten Furchen eingeschlossene Rindentheil heisst Cuneus. Suchen Sie sich jetzt die Spitze desselben auf, so finden Sie oben oder auch mehr in der Tiefe eine kleine Uebergangswindung zum Ende des Gyrus fornicatus, der vorn an der Spitze des Keiles vorbeizieht. Behalten Sie diese ziemlich schmale Stelle des Gyrus fornicatus im Auge; Sie sehen, dass derselbe sich von da als sich rasch wieder verbreiternde Windung bis zur Spitze des Schläfenlappens fortsetzt, wo er mit einer hakenförmigen Umbiegung, dem Uncus oder Gyrus uncinatus, endet. Dieser Schläfenlappen-Antheil des Gyrus fornicatus heisst Gyrus Hippocampi. Von hinten mündet, wie sie an der Figur gut sehen, noch ein kleiner länglicher Gyrus des Occipitallappens in den Gyrus Hippocampi; er heisst Lobus lingualis (zungenförmiges Läppchen).

Wie ich Ihnen vorhin gezeigt, bildet der Fornix den Rand der Hemisphäre. Das erste auf diesen folgende Stück der Hirnwand ist der eben genannte Gyrus Hippocampi, der also dem Fornix dicht anliegt. Nach aussen von ihm liegt der Hohlraum des Ventrikels, das Unterhorn.

Von der Schädelhöhle ist der Ventrikel an dieser Stelle nur durch eine dünne, Gefässe führende Membran, die Fortsetzung des ja überall an den Fornix grenzenden Plexus choroideus getrennt.

Der Gyrus Hippocampi kann als die Randwindung der Hemisphäre bezeichnet werden. Er ist noch von Rinde überzogen, aber jenseits, nach dem Unterhorn hin, hört die Rinde auf und es liegt dicht am Ventrikel das weisse Mark bloss, nicht mehr grau überzogen, wie auf der ganzen Aussenseite des Gehirns. Dieses Mark, ein langer, dünner, weisser Streif, setzt sich direct nach oben in den Fornix fort; es heisst Fimbria (Fig. 27 F^1).

Die Randwindung ist durch eine Furche ihrer äusseren Oberfläche, die Fissura Hippocampi, in den Hohlraum des Unterhorns vorgetrieben; der dadurch längs des ganzen Unterhornbodens entstehende Wulst führt seit Alters den Namen Cornu Ammonis oder Pes Hippocampi maior.


Fig. 36a.



Fig. 36b.



Fig. 37.

Dadurch, dass die Rinde des Gyrus Hippocampi, ehe sie überhaupt aufhört und das Markweiss frei lässt, noch durch jene Furche eingestülpt wird, entsteht ein eigenthümliches, etwas complicirtes Bild, wenn man sie quer durchschneidet. Ueber die Hirnoberfläche zieht die Rinde sonst continuirlich dahin, wie es auf Fig. 36a abgebildet ist, am Randwulst aber endigt sie, wie Fig. 36b es andeutet, nahe dem Ventrikel und lässt den weissen, etwas umgebogenen Saum (die Fimbria) frei. Die Einstülpung, welche sie erfährt, ehe sie dort endet, soll Fig. 36b zeigen. Zwischen Gyrus Hippocampi und dem freien Markrand der Hemisphäre (Fimbria — Fornix) liegt aber noch einer kleiner, bislang absichtlich unerwähnter Windungszug, der vom Balkenende hinab zur Spitze des Schläfenlappens zieht und also ebenfalls in die Configuration des Ammonshornes eingeht. Auf dem vorhin demonstrirten Sagittalschnitt wollen Sie diese als Gyrus

dentatus sive Fascia dentata bezeichnete dünne Windung aufsuchen, um sich deren Lage zu Fornix und Ammonswindung ganz klar zu machen. Sie legt sich, wie Sie dort sehen, gerade vor die durch die Furche gebildete Einrollung der Ammonsrinde, deren Querschnitt also nicht durch Fig. 36b sondern richtiger durch Fig. 37 wiedergegeben wird.

Das Ammonshorn ist also die Vorstülpung, welche im Ventrikel dadurch entsteht, dass der Gyrus Hippocampi durch die gleichnamige Fissura eingebogen wird. Dadurch, dass die Gyrusrinde gerade an dieser Stelle endigt, dadurch, dass der Hemisphärenrand als Fimbria und der Gyrus dentatus über dieser Einstülpung hin verlaufen, entsteht das complicirte Querschnittsbild des Cornu Ammonis.

Die Lage der Ammonswindung zum Unterhorn des Seitenventrikels wird durch Fig. 27, Fig. 35 und Fig. 50 klar.

Der Gyrus fornicatus und seine Fortsetzung, der Gyrus Hippocampi, werden beim Embryo ziemlich früh angelegt. Es tritt nämlich dorsal vom Hemisphärenrand (Fornixbogen) bei allen Säugethieren eine Furche auf, die, dem Rande parallel, auch mit ihm in den Schläfenlappen hinabzieht, die Randfurche, Fissura limbica. Der Windungszug, den sie zwischen sich und dem Fornix lässt, ist die Randwindung. In dem frontaleren Hirngebiet brechen zwischen dieser und dem Fornix die Balkenfasern durch; dort heisst sie Gyrus fornicatus, in der caudaleren grenzt aber die nun als Gyrus Hippocampi, Ammonswindung, bezeichnete Windung fast direct an den Fornix. Bei den meisten Säugethieren ist der Balken und mit ihm der Gyrus fornicatus sehr kurz.

Wenn Sie nun noch einmal sich die Oberfläche des Balkens betrachten wollen, so erblicken Sie auf diesem jederseits einen dünnen grauen Längsstreifen (Fig. 26 *Lt.*). Das ist die Fortsetzung jener schon im Ammonshorn atrophischen Windung, des Gyrus dentatus. Man bezeichnet sie als Stria longitudinalis Lancisi.

Am hinteren Ende des Balkens sieht man manchmal einen kurzen Windungszug in der Richtung nach dem Fornix sich erstrecken, mit dem er verschmilzt. Das ist der Gyrus callosus, der beim Menschen nur als sehr atrophisches, nicht einmal constantes Gebilde vorkommt.

Am frischen Gehirn wollen Sie an der Spitze des Schläfenlappens innen den Gyrus uncinatus aufsuchen und von da an den Gyrus Hippocampi nach oben verfolgen. Dann suchen Sie den leicht findbaren Bogen des Fornix über dem hinteren Theil des Thalamus und constatiren, wie er in die Fimbria übergeht, welche bis nahe an die Spitze des Cornu Ammonis als weisser Markstreif sichtbar ist. Schliesslich legen Sie einen Frontalschnitt an, der über die Lage der genannten Gebilde zum Unterhorn Aufschluss geben wird.

An der Basis des Gehirns finden sich ausser der Fissura Hippocampi, die eigentlich der Innenseite angehört, nur noch wenige wichtige Furchen. An der Unterfläche der Stirnlappen liegen die Sulci orbitales und olfactorii. Die Windungen zwischen ihnen werden als Fortsetzungen

der Stirnwindungen mit dem Namen der betreffenden an sie grenzenden Windung bezeichnet. Die Unterfläche des Occipital- und Temporallappens ist wesentlich in der Längsrichtung gefurcht. Eine dritte und vierte Temporalfurche lassen sich oft nachweisen. Die letztere, welche sich

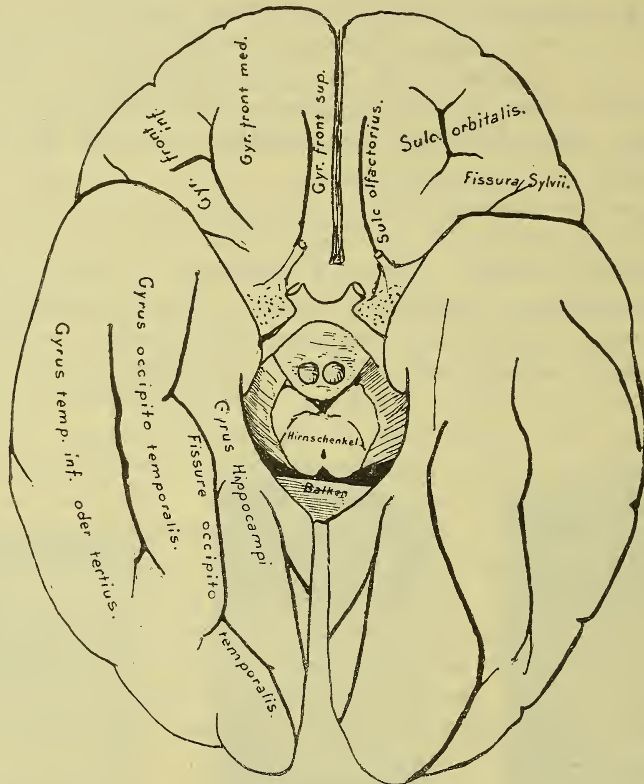


Fig. 38.
Die Windungen an der Hirnbasis (schematisirt) nach Ecker.

nach hinten bis in den Occipitallappen erstreckt, hat man Fissura occipito-temporalis genannt. Sie grenzt die Ammonswindung von den Windungen des Schläfenlappens ab. Die nach aussen von ihr liegende Schläfenwindung (die vierte Schläfenwindung) hat den Namen Gyrus occipito-temporalis erhalten.

Fünfte Vorlesung.

Vom Gehirn der Säugethiere und vom Riechapparate.

M. H.! In der zweiten Vorlesung konnten die Verhältnisse des Säugervorderhirnes nur ganz allgemein besprochen werden. Heute, wo Sie mit dem Aufbau des Gehirns beim Menschen besser bekannt sind, wird es sich lohnen, einmal einen Blick auf die übrigen Säugergehirne zu werfen. Vieles von dem, was wir über die Faserung etc. wissen, ist ja nicht am Menschen, sondern durch Studium von Thiergehirnen gewonnen worden, und gar Manches, das am menschlichen Gehirn kaum verständlich erscheint, tritt uns am Thiergehirne in viel besserer Ausbildung entgegen.

Wenn wir die enormen Unterschiede wohl verstehen wollen, die im Aussehen des Vorderhirnmantels bei den verschiedenen Säugern sich finden, so müssen wir auf einen Umstand Rücksicht nehmen, dessen bisher noch nicht ausführlich gedacht ist. Der Hirnmantel zerfällt in zwei ganz verschiedene Theile, in das Riechhirn und in den Mantel im engeren Sinne, das Rindenorgan, welches zu so vielen Functionen in der Beziehung steht, dass es die Vollführung derselben unter dem Einflusse des Gedächtnisses, der Einübung u. s. w. ermöglicht.

Sie erinnern sich, dass das Riechhirn derjenige Theil der Rinde ist, welcher in der Thierreihe zuerst in Erscheinung tritt und dass sich diesem erst später andere Rindengebiete zugesellen. In der Säugethierreihe ist nun die Ausbildung der Rinde noch in fortwährendem Flusse. Es existiren da die allergrössten Verschiedenheiten und die wechselndsten Grössenverhältnisse. In vielen niederen Säugern kennen wir Thiere, die von dem nicht zum Riechapparate gehörigen Mantelgebiet nur erst relativ kleine Theile besitzen. Hier nimmt der Riechlappen und was sonst zu dem Riechapparat der Rinde gehört, oft fast die Hälfte der ganzen Vorderhirnmasse ein. Ganz allmählich nimmt dann der Mantel in der Thierreihe aufsteigend an Umfang zu. In der Klasse der Primaten hat er bei den Affen eine Ausdehnung erlangt, welche nahe an die Verhältnisse beim Menschen grenzt. Aber noch unterscheidet sie, ausser unwesentlicheren Verhältnissen, ein wichtiges Moment von der beim Menschen erreichten Stufe. Der Stirnlappen, der bei den niederen Affen noch sehr klein ist, erreicht bei den höheren schon eine grosse Ausdehnung, bleibt aber noch immer sehr zurück gegen den Stirnlappen des Menschen. Ja beim Menschen selbst ist dieser Entwicklungsgang noch keineswegs abgeschlossen. Es finden sich gerade im Stirnlappengebiete noch Differenzen, welche auf die Möglichkeit einer weiteren Vervollkommnung schliessen lassen. Ganz besonders kommt hier das ventrale Gebiet in Betracht, welches, die Sprachcentren enthaltend, wie schon oben angedeutet wurde, sehr wesentliche Verschiedenheiten in der Ausbildung zeigt.

Wo ein kleiner Mantel vorhanden ist, kann natürlich auch die von ihm ausgehende Faserung nur gering sein. In der That ist die Strahlung aus der Rinde bei vielen kleineren Säugern so gering, dass ein eigentliches Centrum semiovale gar nicht zu Stande kommt, dass vielmehr die ganze Faserung sich auf einen relativ dünnen Belag unter der Rinde beschränkt, der dann dicht an den Ventrikel angrenzt und von den Endfäden seines Epithels durchzogen wird.

Damit wird auch die Hauptcommissur desjenigen Mantelgebietes, das nicht Riechapparat ist, der Balken, so gering, dass er nur eine relativ kurze Strecke auf der medianen Hemisphärenseite einnimmt. Ja bei einigen Monotremen und bei den bisher untersuchten Marsupialen fehlt er ganz (Owen, Symington u. A.).

Ebenso ist die aus dem Hirnmantel stammende Faserung zu tiefer gelegenen Theilen, besonders die zur Brücke und zum Rückenmark, die Fussfaserung, bei allen Thieren sehr viel geringer entwickelt als beim Menschen.

Fast immer ist der Riechapparat sehr viel kräftiger ausgebildet als wir ihn vom Menschen kennen, aber er kann auch, so bei den im Wasser lebenden Säugern, ganz enorm atrophiren, soweit zurückgehen, dass er fast verschwindet. Danach hat man die Säuger eingetheilt in osmatische und anosmatische. Die Untersuchung einer sehr grossen Reihe von Thiergehirnen lehrt, dass sich die beiden Mantelgebiete eben ganz unabhängig von einander phylogenetisch entwickeln, dass das eine atrophiren, das andere einen höheren Ausbildungsgrad erreichen kann und umgekehrt. Die erhöhte Ausbildung des Riechapparates zeigt sich nicht nur in der kräftigeren Entwicklung der Riechlappen und der Riechgebiete des Mantels, sondern auch durch eine ganz besonders starke Entwicklung bestimmter zu diesem Apparate gehöriger Zellgruppen und Fasern in den übrigen Theilen des Gehirnes an.

Wir werden deshalb den **Riechapparat** hier als Ganzes zunächst betrachten. Beim Menschen nur in relativ atrophischen Resten vorhanden, kann er an vielen Säugern leichter studirt werden.

Ich lege Ihnen hier die Abbildung der Basis eines Kalbsgehirnes vor. Sie sehen, dass ein mächtiger Lappen hier liegt, der vorne von einer Anschwellung kappenartig bedeckt ist und hinten ziemlich direct in die Ammonswindung übergeht. Das ist der Lobus olfactorius. Die Anschwellung heisst Bulbus olfactorius. Beim Hunde, beim Kaninchen und bei sehr vielen anderen Säugern ist der Riechlappen noch sehr viel mächtiger, nimmt fast die ganze Hirnbasis ein. Mit dem basalen Gebiete des Ammonslappens zusammen hat man ihn als Lobus pyriformis bezeichnet.

Die Riechnervenfasern tauchen in den Bulbus ein. Ein Schnitt durch denselben zeigt deutliche Schichtung verschiedener Gewebsarten. Zu äusserst liegen natürlich die Riechnervenfäserchen, dann folgt eine grauweise Zone, in der zahlreiche kleine Kügelchen, Glomeruli olfactorii, schon mit blossem Auge sichtbar sind, Glomerulusschicht. Nach

innen von dieser liegt die graue Ganglienzellenschicht, die dann allmählich durch eine „Körnerzone“ in das Riechmark übergeht. In den Bulbus hinein erstreckt sich eine feine Ausbauchung des Seitenventrikels. Ihr Epithel grenzt unmittelbar an die Schicht der markhaltigen Fasern.

Untersuchungen von Golgi, S. und P. Ramon y Cajal, ferner solche von Gehuchten haben uns die Elemente dieser Schichten und den sehr interessanten Zusammenhang einiger dieser Elemente mit den Riechnervenfasern kennen gelehrt.

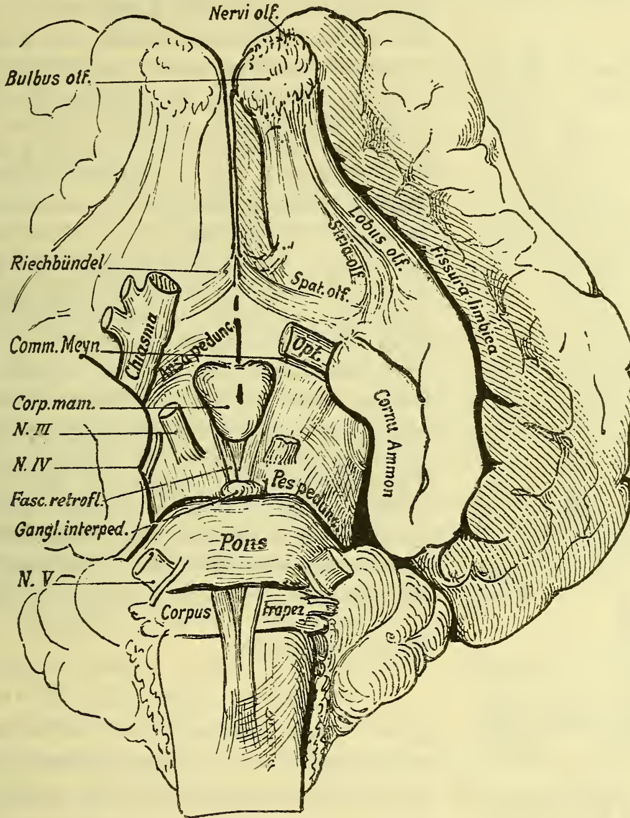


Fig. 39.
Basis des Gehirnes vom Kalbe. Der Ventrikel absichtlich von unten her eröffnet, um seine Recessus — R. opticus, infundibuli, mamillaris — zu zeigen.

Die Fasern des Riechnerven sind nichts Anderes, als die centralwärts gerichteten Endausläufer der Sinneszellen der Riechschleimhaut. Darauf ist ja bei der Darstellung der Entwicklungsgeschichte schon hingewiesen worden.

Nachdem diese Fasern die Siebbeinplatte passirt haben, gehen sie, an der ventralen Bulbusfläche angelangt, mehrfache Ueberkreuzungen ein und senken sich dann in die Hirnsubstanz. Dort zerfährt alsbald jeder Axencylinder zu einem feinen Endbäumchen. Diese Aufzweigung trifft auf die dicken Aeste eines ebenfalls aufgezweigten Dendritenfortsatzes, und beide Faserarten, die sich innig aneinander legen, bilden zusammen einen rundlichen Complex, eben den Glomerulus olfactorius. Der Dendritenfortsatz stammt von einer Ganglien-

zelle ab, welche reichliche derartige Ausläufer entsendet. Nur einer tritt immer in die geschilderte Beziehung zu den Riechnervenfasern. Jede dieser Hirnzellen steht mit einer ganzen Anzahl von Olfactoriusfasern in Verbindung. Solche Zellen, mannigfach geformt, von wechselnder Grösse, liegen in grossen Mengen in der grauen Schicht unter den Glomerulis. Sie senden ihren Stammfortsatz centralwärts, und man kann ihn bis in das Lager der Markfasern verfolgen. Auf dem Wege giebt er zuweilen Collateralen ab. Hier nun haben Sie einmal ein gutes Beispiel für das in der Vorlesung über die Gewebszusammensetzung der Centralorgane Gesagte. Sie sehen die primäre und die secundäre Olfactoriusbahn direct vor sich und erkennen, dass die Verbindung hergestellt wird durch Aufsplitterung des Stammfortsatzes der primären Bahn und Anlegen an die Dendritenfortsätze aus der secundären Bahn.



Fig. 40.
Schnitt durch die Riechschleimhaut, das Siebbein und den Bulbus olfactorius. Die Combinirung ist schematisch, die Lage der einzelnen Elemente, namentlich auch ihre Verzweigung und Form, nach Präparaten.

Es wurden in der Rinde des Riechkolbens noch eine Anzahl anderer Elemente gefunden, deren nervöse Natur noch nicht über allem Zweifel ist. Zwischen den erwähnten Zellen und der Markfaserschicht, zum Theil auch innerhalb derselben liegen die bisher als „Körner" bezeichneten Zellen, von denen ich in *a*, *b*, *c* drei verschiedene Typen in das beistehende Bild eingezeichnet habe. Ausserdem kommen an allen Stellen Zellen *e* mit sehr weit verzweigtem Axencylinder vor.

Das Faserwerk, welches alle diese Elemente bilden, wird dadurch natürlich noch sehr viel complicirter, dass auch die Neurogliazellen überall zwischendurch liegen und dass die Ausläufer der Ventrikelepithelien weithin in die Substanz des Bulbus olfactorius hineinreichen. Die Abbildung, welche hier wesentlich aus Zeichnungen van Gehuchtens combinirt ist, wurde möglichst einfach und übersichtlich gehalten. Sie müssen sich das Alles sehr viel dichter, reicher an Fasern und Zellen vorstellen.

Der Bulbus nimmt also die von der Peripherie kommenden Nervenfasern auf. Er sitzt seinerseits direct auf einem grossen Hirnlappen, dem Lobus olfactorius. Die Stelle, wo er ihn überragend aufsitzt, hat man auch Pedunculus olfactorius genannt. Es liegt aber kein Grund vor, hier eine besondere Bezeichnung zu gebrauchen. Am caudalen Ende verbreitert sich der Lobus olfactorius medialwärts zu einem annähernd quadratischen Felde, dem Riechfeld — espace quadrilatère Broca's.

Die graue Masse des Bulbus sendet rückwärts die centralen, tertiären Bahnen des Riechapparates. Zunächst gelangt immer eine solche auf die Oberfläche des Lobus, wo sie, bald in mehr, bald in weniger Strahlen gespalten, rückwärts zieht. Dabei senken sich aus dieser lateralen Riechstrahlung fortwährend Fäserchen in die Tiefe der Lobusrinde.

Doch erschöpft sich die Bahn dabei nicht, es gelangen vielmehr ihre Fasern, über das Riechfeld wegziehend, weiter hinten in die Region des Mandelkernes und des Anfangstheiles der Ammonswindung. Diese letztere namentlich überziehen sie in breiter Aufsplitterung und senken sich dann in ihre Tiefe. Alle diese Fasern haben starkes Kaliber und sind seit langem als Riechnervenwurzeln bekannt. Von ihnen muss man das unterscheiden, was bisher ihnen gleichberechtigt galt und als mediale Riechnervenwurzel bezeichnet wurde. Es entwickeln sich nämlich aus dem Marke des Bulbus zahlreiche feinere Nervenfasern, die unter der Rinde weg in das Mark des Lobus ziehen. In ihm mischen sie sich den Markfasern des Lobus in einer heute noch nicht trennbaren Weise bei. Am hinteren Lobusende, dicht vor dem Riechfeld aber verlässt ein Faserzug, der in ihrer Fortsetzung liegt, den Lobus und zieht unter der dünnen Rinde des Riechlappens, diese etwas vorwölbend, hinauf an der Innenfläche des Gehirns. Diese innere mediale Riechstrahlung gelangt wahrscheinlich in das Ammonshorn, doch ist das noch nicht absolut sicher gestellt. Sie ist immer wegen des dünnen Rindenüberzuges nicht so rein weiss wie die laterale Strahlung.

Ohne scharfe Grenze geht der Lobus olfactorius in den Lobus Hippocampi über. Dieses bei den osmatischen Thieren immer ungemein mächtige Gebilde enthält an seinem medianen Rande die Ammonseinrollung. Mit der kleinen relativ atrophischen Ammonswindung am Menschen ist es kaum zu vergleichen. Der Ammonslappen folgt dem ganzen Hemisphärenrande an der Basis, erhebt sich dann hinten hinauf zur Medialfläche des Gehirnes und läuft hier eine Strecke nach vorwärts. Sein Subiculum, die Rinde, welche nicht eingerollt direct an der Hirnbasis liegt, geht dann unmittelbar in den Lobus supracallosus — Gyrus fornicatus des Menschen — über.

Die Ammonswindung reicht beim Menschen nicht bis unter den Balken hinauf.

Da der Lobus supracallosus sich vorn zur Basis herab wendet und mit seinem frontalsten Ende das Riechfeld wieder zu erreichen scheint, so bildet dieses ganze Rindenstück eine Art von Bogen um den Rand der ganzen Hemisphäre. Broca, der zuerst entdeckte, dass die verschiedenen in ihn eingehenden Rindenzüge alle in directem Grössenverhältniss zur Entwicklung des Riechapparates stehen, hat den Lobus limbicus, wie er ihre Gesammtheit nannte, direct als Riechrinde bezeichnet.

Es ist mir fraglich geworden, dass der Gyrus fornicatus zum Riechapparat gehört.

Der Lobus limbicus wird vom übrigen Gehirne immer durch eine eigene mächtige Furche geschieden, die Fissura limbica. Wir sind ihrem oberen Bogenstück schon beim Menschen begegnet als Fissura callosomarginalis. Zum Lobus limbicus muss auch, nach den Untersuchungen von Zuckerkandl, die innerste Ammonswindung, der Gyrus dentatus und

ihre Fortsetzung auf die Balkenoberfläche der Lancisi'sche Streif gerechnet werden. Alle diese Windungstheile, die so den Hemisphärenrand umfassen, der Lobus olfactorius, der Gyrus Hippocampi und der Gyrus fornicatus, der Lancisi'sche Streifen und die Fascia dentata, sind bei Thieren mit sehr ausgebildetem Riechorgan stark entwickelt, bei solchen welche, wie die Menschen, kleine Riechlappen haben, ziemlich atrophisch, und beim Delphin, der gar keinen Riechlappen hat, sind sie aufs Höchste zurückgebildet (Broca, Zuckerkandl). Diese also offenbar dem Riechapparat zugehörigen Hirntheile fasst man nach einem Vorschlage von Turner mit dem Lobus olfactorius als Rhinencephalon zusammen. Die Bestandtheile des Rhinencephalon, die Furchen und Windungen, lassen sich bei allen Säugern mit einer gewissen Constanz der Anordnung nachweisen.

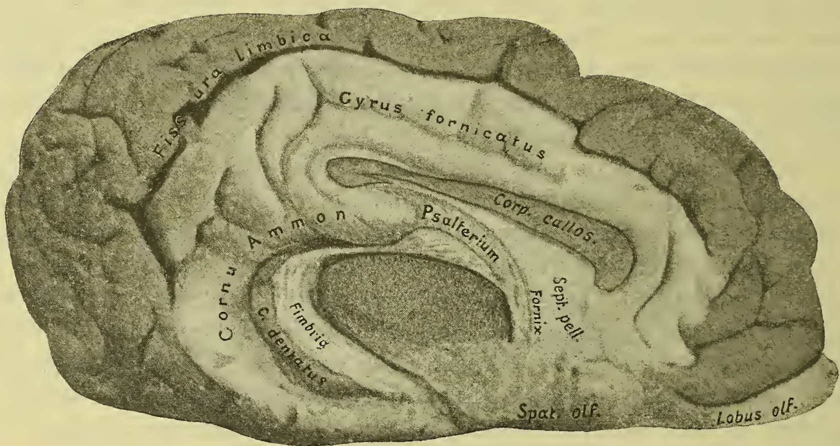


Fig. 41.
Sagittaler Medianschnitt durch das Kalbsgehirn. Der Lobus limbicus heller gehalten.

Die einzelnen Theile des Lobus limbicus der rechten und der linken Seite sind durch ein mächtiges Commissurensystem unter einander verbunden. Dies System ist die Commissura anterior. Ihr vorderer Schenkel entspringt im Lobus olfactorius der einen Seite und zieht an der Hirnbasis hufeisenförmig gekrümmt hinüber zum Lobus der anderen Seite. Ein caudaler Schenkel verbindet die Lobi cornu Ammonis oder doch die Rindengebiete, welche direct nach aussen von der Ammonseinrollung liegen, und schliesslich kennen wir schon für viele Säuger einen aufsteigenden Ast der vorderen Commissur, der, in der Capsula externa verlaufend, geeignet ist, den dorsalen Theil der Randwindung mit dem gegenüberliegenden zu verbinden.

Die Ammonshörner selbst besitzen noch eine eigene Verbindung unter einander. Ein mächtiges Fasersystem spannt sich zwischen ihnen aus, die Ammonscommissur, das Psalterium.

Sie haben vorhin erfahren, dass der Riechlappen mit dem Bulbus ver-

bunden ist durch einen von aussen in seine Rinde eintauchenden Zug und durch einen solchen, welcher ihm durch sein Mark zuwächst. Auch das Ammonshorn erhält einen Zuzug aus der lateralen Wurzel (s. Fig. 39) und auch in dieses gelangen Züge aus dem Marke. Ob aber ein Theil der letzteren aus dem Bulbus stammt, ist noch nicht nachgewiesen.

Der grössere Theil stammt jedenfalls aus dem Marke des Riechfeldes. Wir kennen einen mächtigen Faserzug, der an der Unterseite des Gehirnes in der Rinde des Riechfeldes entspringt, sich dann über dieses hinweg medialwärts wendet (s. Fig. 39. u. 42) und caudal von der medialen Riechstrahlung im Septum pellucidum dorsalwärts zieht. Das ist das Riechbündel des Ammonshornes — zuerst von Zuckerkandl beschrieben. Im Septum sehe ich einen Theil seiner Fasern kreuzen, einen anderen direct sich rückwärts begeben. Beide Bündel vereint treffen am caudalen Septumrande auf den Fornix und verlaufen in ihm rückwärts weiter bis zum Marke des Ammonshornes.

Für das Folgende vergl. bes. Fig. 42.

Aus der Rinde der Ammonsformation entspringen eine Anzahl verschiedener Faserzüge und es treten andere, wie das eben erwähnte Riechbündel, in sie ein. Alle liegen vereint in der Fimbria. Ein Theil dieser Fasern, das Psalterium bleibt als Commissurenbündel im Bereiche der Ammonshörner, ein anderer zieht vorn als Fornixsäulen zur Tiefe, um in einem kleinen Ganglion der Hirnbasis, Corpus mamillare, zu enden.

Zunächst erkennt man, dass die Mehrzahl der medial gelegenen Fimbriafasern hinüber in das Ammonshorn der anderen Seite treten. Diese Kreuzung ist das Psalterium. Die lateraleren Fasern aber gelangen einfach nach vorn und ziehen da als Fornixsäulen in die Tiefe. Dazu gesellen sich dann noch ganz lateral die Züge des Riechbündels in das Ammonshorn und ganz medial und dorsal ein langer Zug dicker Fasern, der Fornix longus, Forel. Er stammt — nach Honegger, der ihn neuerdings genauer untersucht hat — nicht aus dem Ammonshorne selbst, sondern aus der ihm benachbarten Wand des Unterhornes, wahrscheinlich des gekreuzten und des gleichseitigen. Der Hinübertritt von Fasern des Fornix longus erfolgt im Bereich des Psalterium. Auf Fig. 42 sehen Sie dies Bündel nach einem Präparat vom Kaninchen gezeichnet. Die Fasern des Fornix longus liegen immer dicht unter dem Balken und wenden sich vorn als die medialsten Bündel der Fornixsäule hinab mit dieser zur Tiefe des Zwischenhirnes.

Bei den kleineren Säugern sind die Verhältnisse der Fimbria und des Psalterium sowie des Fornix besser bekannt als beim Menschen. Einestheils deshalb weil sie bei den untersuchten osmatischen Thieren relativ viel mächtigere Gebilde sind als beim Menschen, andererseits auch deshalb, weil Guddens experimentirende Meisterhand gerade auf dem Gebiete der Fornixanatomie vielfach Klarheit durch den Thierversuch schaffen konnte.

Der Fornix longus ist beim Menschen noch nicht nachgewiesen.

Bei vielen kleineren Thieren bilden die Fasern des Psalterium, die Kreuzungen in ihm, die Kreuzung der Fornices longi und die Umbeugungs-

stelle der Crura fornicis in die Tiefe des centralen Höhlengraues zusammen eine einzige dicke Masse, die man als Corpus fornicis bezeichnet hat.

Der Riechlappen und der Ammonslappen besitzen noch eine weitere Anzahl von Faserzügen, die sie unter einander oder mit anderen Gegenden zu verknüpfen geeignet sind. So läuft ganz medial über die volle Balkenlänge jederseits ein feines Bündel dicker Fasern, die Stria longitudinalis medialis, die in den dorsalen Gegenden der Ammonsrinde entspringend vorn über den Balken herabbiegt und in das Septum pellucidum einstrahlt. Dann wissen wir, dass ein langes im Gyrus fornicatus verlaufendes Faserbündel, das Cingulum, Züge sowohl in den Riechlappen als in die übrigen Theile der Randwindung sendet.

Alle diese Züge gehören den Rindencentren des Riechapparates an. Es giebt aber auch Beziehungen des Riechapparates zum Zwischenhirn, die sehr wichtig sein müssen, weil sie bei allen Thieren, auch solchen ohne Hirnrinde, sich wohl ausprägen und immer und überall nachweisbar sind. Um sie zu verstehen, müssen wir noch einmal zum Mark des Lobus olfactorius zurückkehren. Sie wissen, dass dieses zum guten Theile aus dem Bulbus stammt. Nach hinten setzt es sich ganz direct in das Mark des Riechfeldes fort. Eine Verbindung dieses „tiefen Riechmarkes“ haben wir bereits als Riechbündel zum Ammonshorne, eine zweite als mediale Riechstrahlung kennen gelernt.

Das Riechmark besitzt aber noch mindestens zwei weitere Verbindungen. Ein Zug desselben, wesentlich aus feinen Fasern bestehend, läuft rückwärts und kann bis in die Gegend des Corpus mamillare verfolgt werden. Er muss auf seinem Wege die ventralsten Gegenden des Corpus striatum durchbrechen, bezieht aber aus diesen keine Fasern — wie man schon angenommen.

Einzelne dieser Fasern gehen noch weiter caudalwärts, bis in die Gegend des Gangl. interpedunculare, vielleicht auch bis in die Schleife.

Ein zweiter Zug, wesentlich aus dem Mark des Riechfeldes in den lateralen Partien stammend, erhebt sich, den vorderen Theil des Thalamus durchbrechend, zur Innenfläche des Ventrikels und zieht dieser entlang rückwärts zum Ganglion habenulae. Es ist die Taenia thalami.

Bei einem Hunde, dem 18 Monate vor dem Tode die ganze Hirnrinde entfernt worden war und dem in Folge davon die ganze Strahlung aus dem Mantel fehlte, war nur die Rinde des Riechfeldes erhalten geblieben. Aus dieser konnte man sehr klar und deutlich die Riechstrahlung rückwärts zum C. mamillare und aufwärts als Taenia thalami zum Ganglion habenulae verfolgen. Die Fasern müssen im Riechfelde selbst ihre Ursprungsstätten haben, denn es war die Taenia nicht entartet, obgleich sie dicht vor dem Ganglion habenulae zufällig bei der Operation beiderseits sehr lädirt worden war.

Zunächst haben wir so die Riechfaserung einerseits bis in die Hirnrinde und andererseits bis in das Ganglion habenulae und (in?) das Corpus mamillare verfolgt. Wir werden später sehen, dass mit diesen Ganglien noch andere Ganglien des Mittel- und Zwischenhirnes in enger Verbindung stehen.

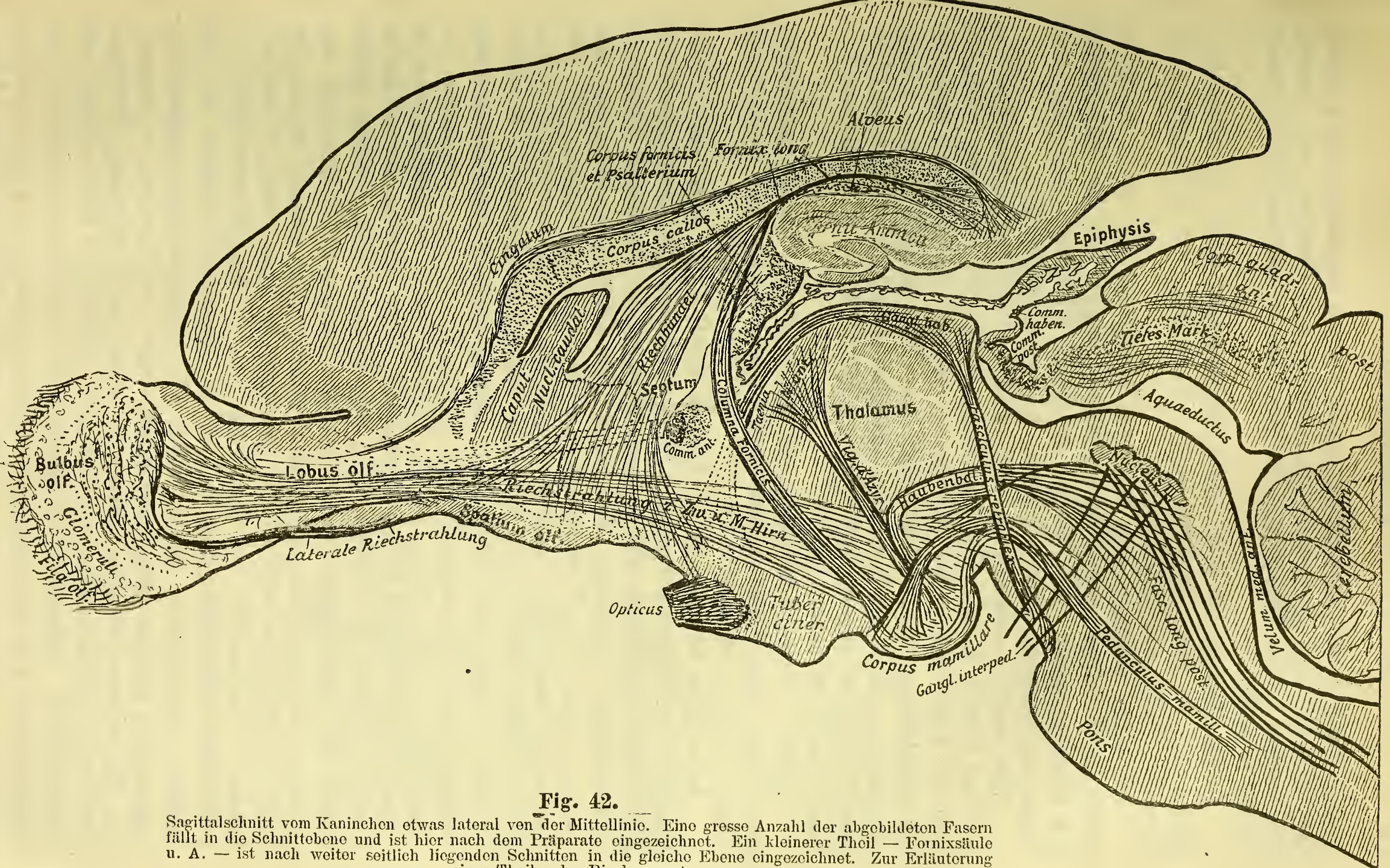


Fig. 42.

Sagittalschnitt vom Kaninchen etwas lateral von der Mittellinie. Eine grosse Anzahl der abgebildeten Fasern fällt in die Schnittebene und ist hier nach dem Präparate eingezeichnet. Ein kleinerer Theil — Fornixsäule u. A. — ist nach weiter seitlich liegenden Schnitten in die gleiche Ebene eingezeichnet. Zur Erläuterung eines Theiles des Riechapparates.

So erscheint der ganze Riechapparat als ein ungeheurer den grössten Theil des Gehirnes durchziehender Complex von Ganglien und Kernen. Wir werden in den folgenden Vorlesungen seinen einzelnen Theilen immer wieder begegnen.

In Fig. 42 lege ich Ihnen einen Sagittalschnitt durch ein Kaninchengehirn vor, an dem Sie einen grossen Theil der zum Riechapparat gehörenden Theile studieren können.

Sie haben gesehen, dass ein nicht unbeträchtlicher Theil der Hirnoberfläche in seiner Ausbildung wesentlich abhängt von der Entwicklung des Riechapparates. Alle hierher gehörigen Windungen und Züge sind immer an gleichem Orte, in gleicher Lagerung nachweisbar.

Viel weniger constant ist die Entwicklung des übrigen Mantelgebietes und der in ihm verlaufenden Furchung. Wollen Sie sich daran erinnern, dass die Entwicklung des Gehirns von anderen Momenten als diejenige der Schädelkapsel bedingt ist, dass das Vorhandensein und der Verlauf der Furchung durch die Resultante aus mindestens zwei verschiedenartigen Entwicklungsrichtungen gegeben ist, wie ich das Ihnen in der dritten Vorlesung dargelegt habe.

Furchen, die beim Menschen tief und lang sind, können nahestehenden Thieren ganz fehlen, andere, dort nur angedeutete sind zuweilen bei Thieren stark entwickelt.

Bei einigen Säugern ist die Fissura Sylvii z. B., sonst eine der am häufigsten vorhandenen Furchen, nicht oder doch nur durch eine flache Einsenkung angedeutet. Die anderen Furchen der Oberfläche können die verschiedensten Richtungen einnehmen. Im Allgemeinen kann man aber erkennen, dass es im Wesentlichen doch drei Hauptrichtungen giebt: dem Längsspalte des Gehirns parallel verlaufende Furchen, sagittale, dann solche, welche sich um die Sylvische Spalte herumkrümmen, Bogenfurchen, Fissurae arcuatae, und schliesslich Furchen von mehr oder weniger senkrecht aufsteigendem Typus, Fissurae coronales. Am menschlichen Gehirn haben Sie für die letzteren in der Centralfurche ein gutes Beispiel, sagittale Furchen durchziehen da den Stirnlappen, und Bogenfurchen umgeben im Schläfen- und Scheitellappen die Sylvische Spalte. Gerade die senkrechten Furchen sind bei Thieren meist nur wenig ausgebildet. An dem Bärengehirn, das ich Ihnen hier vorlege, ist die Centralfurche allerdings relativ lang. Benutzen Sie diese Ihnen ja nun wohlbekannte Furche, um sich den Vergleich mit dem Menschengehirn zu erleichtern. Sie sehen, dass der vor ihr liegende Stirnlappen sehr viel weniger entwickelt ist, als der in Fig. 32. Die Homologisirung der Stirnfurchen fällt schwer. Die Centralfurche verläuft, wohl wegen der mangelnden Stirnlappenausbildung, viel steiler, ebenso sind alle hinter ihr liegenden Theile gewissermaassen in die Höhe gerückt, die Fissura Sylvii steht fast senkrecht. Bogenfurchen umgeben sie, in denen Sie bei der Vergleichung mit Fig. 32 unschwer die gleiche Anordnung erkennen, wie in den Schläfenfurchen und der Interparietalspalte, falls Sie sich einen Augen-

blick vorstellen wollen, diese gingen in einander über. Die Sylvische Spalte steht bei allen Thiergehirnen senkrechter als beim Menschen; sie ist um so wagerechter, je ausgebildeter der Stirnlappen ist. Gewöhnlich ist sie auch relativ kurz.

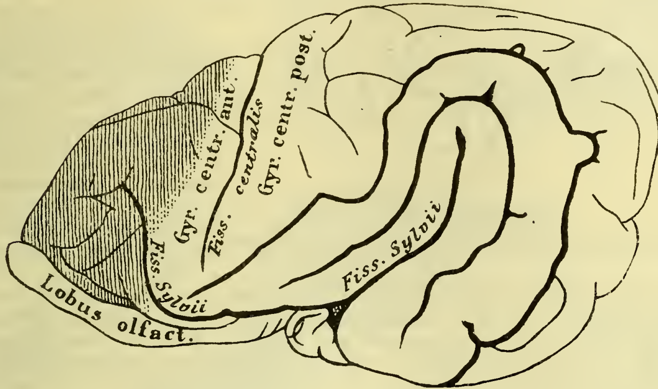


Fig. 43.
Bärengehirn nach Turner. Die Stirnlappen schraffirt.

Bogenfurchen kommen häufiger als andere Furchen in der Thierreihe vor. An dem windungsreichen Gehirne der Wale bilden sie den Typus der Gesammtfurchenbildung (Fig. 44).

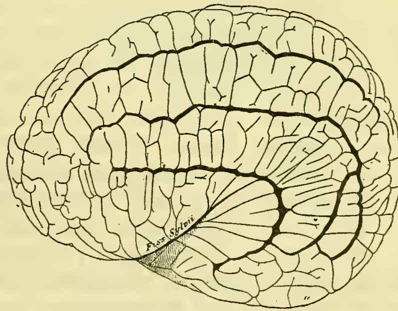


Fig. 44.
Gehirn von Monodon Monoceros nach Turner.

Man numerirt sie von der Sylvischen Spalte aus zählend als erste, zweite u. s. w. Bogenfurche oder benennt sie auch als: Fissura ectosylvia, F. suprasylvia u. s. w. An dem Gehirn des Hundes, welches hier folgt, erkennen Sie wieder eine Anzahl dieser Furchen an Form und Lage. An der hinteren Grenze des Stirnlappens zieht eine kurze Furche senkrechten Verlaufs herab, die Fissura cruciata. Sie entspricht wahrscheinlich der Fissura centralis. Doch ist die Identität beider Furchen nicht unbestritten. Wie schon in der zweiten Vorlesung erwähnt wurde, sind viele Thiergestalten ganz glatt. An anderen finden Sie nur Andeutungen von Furchen. An vielen, z. B. den Pferde- und Rindergehirnen, ist nur in den der Sylvischen Spalte zunächst liegenden Gebieten der Bogentypus deutlich. Nach der Hirnkante zu haben die Furchen einen mehr sagittal gerichteten Verlauf. Es würde uns hier zu weit fortführen, wenn ich

Ihnen mittheilen wollte, was über die Furchenrichtungen bei den verschiedenen Thierklassen bereits bekannt ist. Die gegebenen Beispiele sollen nur einige Typen vorführen und eine Einleitung für eigene Studien sein.

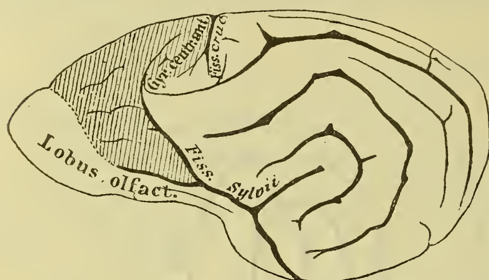


Fig. 45.
Hundegehirn. Der Stirnlappen schraffirt.

Unsere Kenntniss vom Verlauf der Hirnwindungen entstammt Untersuchungen von Burdach (mediale Seite), Leuret, Gratiolet, Meynert (vergleichend anatomisch), Bischoff, Ecker, Pansch (wachsendes und reifes Gehirn). Ausserdem existiren zahlreiche Untersuchungen über einzelne Rindengebiete; über die am Hirnrand verlaufenden Züge, z. B. von Broca und von Zuckerkandl, über die Stirnwindungen von Eberstaller und von Hervé, über die Insel von Guldberg, ferner genaue Studien über Entwicklung und Verlauf einzelner Spalten von Rüdinger, Cunningham und Anderen. Daneben besitzen wir sehr viele Monographien über die Hirnoberfläche verschiedener Säuger; anthropomorphe Affen von Bischoff, Waldeyer u. A., Lemuren von Flower und Gervais, Wale von Guldberg, Ziehen und Kükenthal, Ungulaten von Krueg, Ellenberger, Tenchini, und Negrini, Raubthiere von Meynert, Spitzka u. A. Kritische Zusammenstellungen, Sichtung und Vergleichung verdanken wir in neuester Zeit namentlich Turner, dann Ziehen und Kükenthal. Die zahlreichen Abweichungen von dem beschriebenen Typus, wie sie normal oder durch Missbildungen vorhanden sein können, haben von den meisten der oben erwähnten Autoren, dann aber auch von besonderen Bearbeitern, Richter, Sernow u. A., Berücksichtigung erfahren.

Für den Riechapparat liegen ältere Arbeiten von Meynert, Ganser, Bevan-Levis u. A. vor. Die Darstellung im Texte folgt eigenen, gemeinsam mit Dr. Flatow gemachten Untersuchungen.

Es liegt, meine Herren, nicht im Plane dieser Vorlesungen, die reiche Fülle von Thatsachen mitzutheilen, welche die Physiologie über die Functionen der einzelnen Hirntheile ermittelt hat. Die Lehre von der Function der Hirnrinde ist noch durchaus im Werden begriffen, ist noch nach keiner Seite hin abgeschlossen. Ich muss aber auf die Lehrbücher der Physiologie hier verweisen, welche Ihnen vielfach mustergültige Darstellungen bieten. Im Allgemeinen kann man sagen, dass über die Erscheinungen, welche nach Verletzung der Rinde auftreten, mehr sicher gestellt ist für den Menschen als für das Thier. Das Folgende enthält eine nur ganz kurze Uebersicht dieser Symptome:

Störungen, welche den normalen Aufbau und das normale Functioniren der Hirnrinde treffen, erzeugen beim Menschen je nach der Stelle, wo sie sitzen, verschiedene Symptome. Es sind bislang schon mehrere hundert gut beobachtete Fälle von Rindenerkrankung bekannt, und man kann durch Vergleichung der einzelnen unter einander zu folgenden Schlüssen kommen:

Von jedem Punkte der Hirnrinde aus können motorische Reizerscheinungen (von Zuckungen einzelner Muskeln bis zur Epilepsie) zu Stande kommen. Es existirt aber eine Zone des Gehirns, die beiden Centralwindungen, bei deren Erkrankung fast immer Störungen der Motilität in der gekreuzten Körperhälfte auftreten. Diese Störungen zerfallen in Reizerscheinungen und Ausfallerscheinungen. Die Reizerscheinungen äussern sich durch Krämpfe, die Ausfallerscheinungen durch mehr oder weniger hochgradiges Unvermögen, die Muskeln durch den Willen in Bewegung zu setzen, oft nur durch ein Schwächegefühl oder durch Ungeschicktheit zu complicirteren Bewegungen.

Durch genaue Analysirung der bekannten Krankheitsfälle lässt sich feststellen, dass bei Erkrankung des oberen Theiles beider Centralwindungen und des Paracentrallappens vorwiegend in dem Beine die Bewegungsstörungen sich geltend machen, dass, wenn das untere Ende der Centralwindungen befallen ist, das Facilalis- und das Hypoglossusgebiet getroffen werden, und dass Bewegungsstörungen in der Oberextremität namentlich durch Erkrankung etwa des mittleren und eines Theiles des oberen Drittels der betreffenden Windungen erzeugt werden können. Die Trennung der einzelnen „Centren" von einander ist keine scharfe.

Vollkommene Zerstörung einzelner Theile der Centralwindungen kann beim Menschen zu dauernder Lähmung der von ihnen abhängigen Muskeln führen. Fast immer gerathen die gelähmten Muskeln in Contractur.



Fig. 46.
Seitenansicht des Gehirns. Das „motorische Rindenfeld" durch Schattirung hervorgehoben (nach Exner).

Erkrankungen, welche die Rinde der unteren Stirnwindung oder der Insel treffen, führen, wenn sie links sitzen, meist dazu, dass der Befallene die Sprache mehr oder weniger vollkommen verliert, obgleich seine Sprechwerkzeuge noch ganz normal innervirt werden können und er Gesprochenes oft noch ganz wohl versteht. Das Verstehen des laut Gesprochenen scheint dann unmöglich zu werden, wenn die obere Temporalwindung zerstört ist. Die Fähigkeit, Gelesenes zu verstehen, hat man wiederholt verloren gehen sehen nach Herden, welche zwischen der Spitze des Hinterhauptlappens und dem hinteren Ende der Sylvischen Furche ihren Sitz hatten. Vielleicht handelt es sich aber hier um tiefe Bahnen und nicht um Rindenlocalisation.

Erkrankungen im Bereich eines Hinterhauptlappens können zu Sehstörung führen, welche sich als Sehschwäche oder Blindheit auf der äusseren Seite des Auges der erkrankten und der inneren Seite des Auges der gekreuzten

Seite äussert (s. u.). Namentlich scheint ein Intactbleiben des Cuneus für das Verstehen des Gesehenen wichtig.

Die Sensibilität kann bei Hirnrindenerkrankungen auch leiden. Häufig werden Gefühle von Taubheit, von Schwere, dann hochgradige Störungen des Muskelgefühls beobachtet. Für den Tastsinn ist es die Regel, dass er zunächst abgestumpft erscheint, so weit die Beurtheilung des Gefühlten in Frage kommt, dass aber doch ganz feine Reize als Tastreize erkannt werden, wenn sie nur recht einfacher Natur sind. (Berühren mit einer Flaumfeder, einer Nadelspitze u. s. w.) Stellen der Hirnrinde, von denen aus häufiger als von anderen Störungen der Sensibilität entstehen, sind nicht sicher bekannt. Jedenfalls können bei Erkrankungen, die im Bereich der Centralwindungen und ihrer Nachbarschaft sitzen, Sensibilitätsstörungen auftreten. Es ist sehr wahrscheinlich, dass Herde im Ammonshorn, vielleicht auch in den übrigen Theilen der Randwindung Geruchstörungen erzeugen.

Die Lähmungen, welche nur durch Erkrankungen der Hirnrinde entstehen, sind fast nie so complet wie die, welche durch Zerstörung der peripheren Nerven oder ihrer nächsten Enden im Rückenmark erzeugt werden. Bei Thieren gelingt es überhaupt nicht, durch Wegnehmen der Rinde in der motorischen Zone oder des ganzen Hirnstückes, welches diese Zone enthält, dauernde Lähmung zu erzielen. Wohl aber kann man bei ihnen durch Reizung der Hirnrinde an circumscripten Stellen fast jedesmal von der gleichen Rindenstelle aus die gleichen Muskeln zur Contraction bringen.

So viel ist bislang durch die Versuche an Thieren und durch die Ergebnisse der Pathologie als festgestellt anzusehen, dass die *eigentlichen motorischen Centren* der peripheren Nerven tief unten, vom Mittelhirn bis zum Rückenmark sitzen, dass diese aber mit höher oben in der Hemisphärenrinde gelegenen „Centren“ derart verbunden sind, dass Reizung dieser Centren eine Bewegung auslöst. Darüber schwebt namentlich der Streit, von welcher Natur und Wichtigkeit der Einfluss der höheren auf die tieferen Centren sei. Deshalb bemüht man sich, möglichst genau die Erscheinungen zu studiren, welche nach Wegnahme von Rindenpartien auftreten. Zweifellos ist auch die Dignität der Hirnrinde bei verschiedenen Thieren eine verschiedene. Während Wegnahme des ganzen Grosshirns bei niederen Thieren die Fähigkeit, gröbere Bewegungen mit guter Kraft auszuführen, nicht aufhebt, treten bei Säugethieren nach Zerstörung circumscripter Partien der motorischen Zone rasch *vorübergehende* Lähmungen auf, und beim Menschen führt gar die Erkrankung auch relativ kleiner Theile der Rinde oft zu dauernden Lähmungen. *Offenbar können alle motorischen und viele sensorisch-psychischen Functionen von tiefer liegenden Hirntheilen ausgeführt werden. Je höher man aber in der Thierreihe aufsteigt, um so mehr wird bei der Gehirnthätigkeit die Rinde mit in Anspruch genommen, um so mehr spielt das Bewusstsein mit.* Der Mensch hat in dieser Beziehung eine Stufe erreicht, auf der viele der betreffenden Functionen gar nicht mehr ohne Theilnahme der Rinde ausgeführt werden können. Bei den Säugethieren werden alle möglichen Uebergangsstadien beobachtet. So erklärt es sich, dass zwar bei den letzteren durch Reizung der Rinde die einzelnen Muskeln u. s. w. beeinflusst werden können, dass die betreffenden Rindenpartien aber für die betreffenden Bewegungen noch nicht unentbehrlich sind. Beim Menschen ist es der grössere Theil der Vorderhirnoberfläche geworden.

Sechste Vorlesung.

Die Rinde des Vorderhirns und das Markweiss der Hemisphären, die Commissuren und der Stabkranz.

M. H.! Sie haben nun einen allgemeinen Ueberblick über die äusseren Formverhältnisse des Gehirnes bekommen. Die heutige Stunde soll Sie näher bekannt machen mit dem Bau der Hirnrinde, sie soll Ihnen einen Einblick geben in die Verbindungen der Rindengebiete unter sich und mit tiefer gelegenen Gebilden.

Wir kennen den feineren Aufbau der Rinde nur erst in seinen Elementen. Noch fehlt uns das Wissen von den Verbindungen dieser Elemente unter einander und damit leider noch das eigentliche Verständniss für die anatomische Grundlage des grossen Seelenorgans. Es unterliegt kaum noch einem Zweifel, dass wir die Hirnrinde als Ganzes, als den Ort ansehen dürfen, wo sich die meisten derjenigen seelischen Processe abspielen, die uns zum Bewusstsein kommen, dass in ihr der Sitz des Gedächtnisses ist, dass von ihr die bewussten Willensacte ausgehen.

Die ganze Hemisphäre ist von der Rinde überzogen. Dieselbe hat an der Convexität nicht überall genau den gleichen Bau. Wenn auch eine Art Grundtypus existirt, so lassen sich doch je nach der Hirnregion, die man untersucht, geringere oder grössere Differenzen in den Schichten auffinden, in welche die Ganglienzellen und Nervenfasern der Rinde angeordnet sind. Nie geht ein Rindentypus plötzlich in einen anderen über. Da aber diese anatomischen Verschiedenheiten in ihrer Bedeutung noch ganz unverstanden dastehen, so wollen wir uns heute nur die Rinde einer Region, des Stirnlappens, betrachten. Dort liegt dicht unter der Pia, noch bedeckt von einer dickeren Neuroglialage, ein dichtes Flechtwerk von meist parallel zur Oberfläche dahinziehenden feinen markhaltigen Fasern — *1* der umstehenden Figuren 47, 48, Schicht der Tangentialfasern. Ihr sind Zellen in relativ geringer Menge eingelagert. Direct unter ihr aber beginnt die Schicht der eigentlich für die Rinde typischen Pyramidenzellen, zunächst mit einer sehr zellreichen Lage kleinerer Gebilde *2*, die dann aber in *3*, die Schicht der grossen Rindenpyramiden übergeht. Alle diese senden nach der Oberfläche und nach verschiedenen Seiten ihre Dendriten als Spitzenfortsatz, Lateralfortsätze u. s. w. und — zumeist — nach der Tiefe des Marklagers ihren Axencylinder. Die Schicht der grossen Pyramidenzellen ist im Stirn- und Scheitellappen die breiteste der Rinde. Die einzelnen Zellen sind um so grösser, ihr Spitzenfortsatz um so länger, je tiefer die Zelle von der Oberfläche abliegt. Die 4. unter den Pyramiden liegende Zelllage besteht wieder aus kleineren, nicht regelmässig liegenden Zellen. Sie sind eingeklemmt zwischen der Masse in die Rinde eindringender Markfaserstrahlungen.

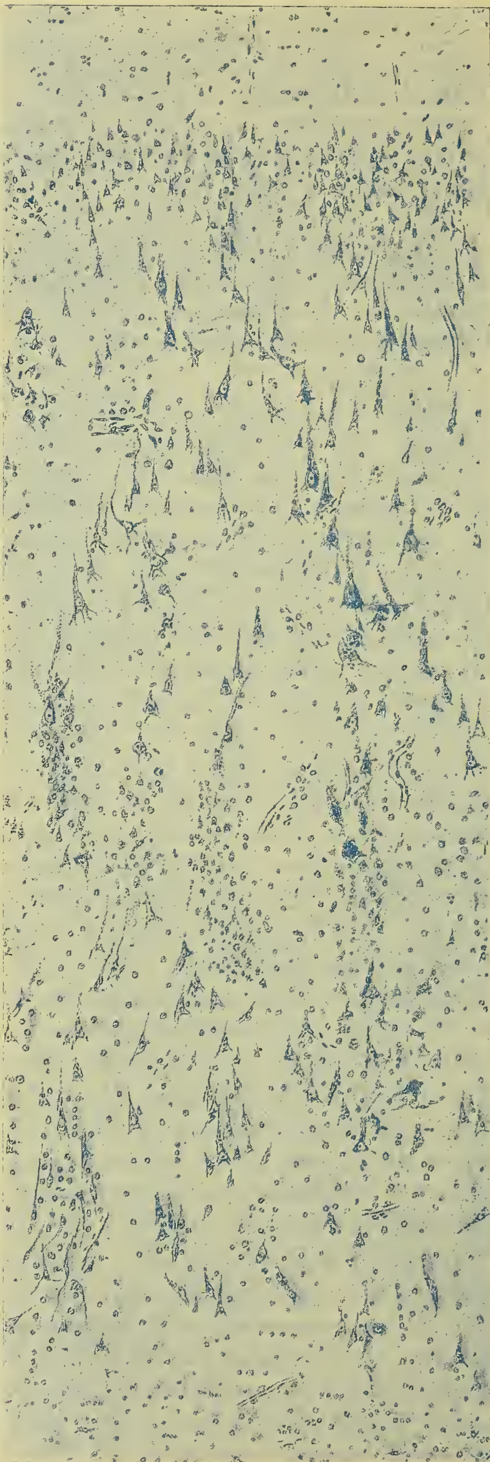


Fig. 47.
Schnitt durch die Rinde in der Mitte der r. oberen Stirnwindung eines ges. 20jähr. Mannes nach Nissl.

Ausser den erwähnten Pyramidenzellen giebt es noch in der Rinde eine grosse Masse kleinerer, in allen Höhen vertheilt liegender, polygonaler Zellen, deren Axencylinder sich ungemein rasch völlig aufzweigt. Auf Figur 47 erscheinen diese Zellen als viele helle, überall in der Umgebung der Pyramiden liegende polygonale Gebilde.

Um den Bau der Hirnrinde kennen zu lernen, bedarf es der Anwendung mehrerer Methoden. Jede zeigt ein anderes Bild und nur aus der Vereinigung des so Gewonnenen ergiebt sich das Gesammtbild. Da auf der linken Seite der Figur 48 nur ein geringer Theil der Zellen sichtbar ist, so lege ich Ihnen hier in Figur 47 eine Zeichnung vor, die Nissl nach einem Alkoholpräparat absolut naturgetreu hergestellt hat. Sie wird Ihnen bei praktischen Arbeiten von gutem Nutzen sein können.

Die Markstrahlen zerfahren, in der Rinde angekommen, in zahlreiche feine Züge, und diese lösen sich dann allmählich in weiter aussen liegenden Lagen auf, resp. treten in Verbin-

dung mit den Axencylindern der Zellen. Sie sehen ausser diesen Zügen noch zahlreiche andere markhaltige Nervenfasern in der Rinde. Woher diese Fasern kommen, wohin sie gehen, das war vor Kurzem noch ganz unbekannt. Neuerdings aber haben uns Untersuchungen von Golgi, von Martinotti und ganz besonders solche von Ramon y Cajal eine grosse Anzahl neuer Verhältnisse in der Hirnrinde kennen gelehrt, so dass es jetzt wohl möglich erscheint, die einzelnen Elemente in ihrem Zusammenhang zu betrachten. Allerdings sind die meisten Facta an der Hirnrinde kleiner Säuger erkannt, und nur für wenige ist auch beim Menschen die Bestätigung gefunden. So bleibt noch viel Arbeit zu thun übrig. Was aber bekannt wurde, bringt uns einen so guten Schritt vorwärts, dass ich es Ihnen mittheilen muss. Ich habe hier, um meine Beschreibung kurz fassen zu können, auf einer einzigen Abbildung die wichtigsten Funde combinirt dargestellt (Fig. 49).

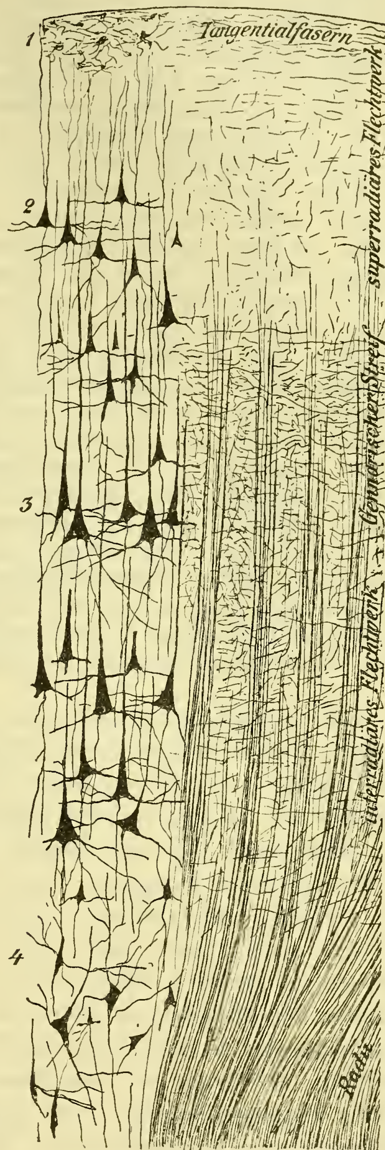


Fig. 48.

Schnitt durch die Rinde einer Stirnwindung. Rechts nach einem mit Weigert'schem Hämatoxylin gefärbten Präparate, links nach Präparaten, die nach Golgi mit Sublimat behandelt waren. Rechts sind nur die Fasern, links nur die Zellen deutlich. Der letzteren sind mehr vorhanden, als gezeichnet wurden. Da sich bei der Golgi'schen Methode Hohlräume um Zellen und Ausläufer erfüllen, so erscheinen diese grösser als sie wirklich sind.

Die äusserste Schicht enthält zahllose, zumeist in tangentialer Richtung verlaufende Nervenfasern. Diese stammen aus Ganglienzellen *a*, *b*, *c*, welche alle mehrere Axencylinder besitzen, und aus kleinen spindelförmigen Zellen *d*, einer tiefer liegenden Schicht. In diese äusserste Zone aber treten noch zweierlei Elemente ein; dicke, zum grössten Theil von Markscheiden umgebene Fasern *e*, welche aus dem Marklager in die Rinde treten, werden in ihren äussersten Verzweigungen bis dahin verfolgt. Sie müssen Ganglienzellen entstammen, welche an anderen Stellen des Gehirns liegen. Für ihre Herkunft aus der Ferne spricht namentlich ihr Faserkaliber. Dann enden dort in reichen und dichten Verzweigungen die Dendritenausläufer der tiefer gelegenen Pyramidenzellen *f*. Jedem einzelnen Aestchen sitzen noch zahllose feine, in Kölbchen auslaufende Nebenästchen auf. Die Verzweigung ist eine so dichte, dass überaus reichliche Gelegenheit zu Contacten der Dendriten-

ausläufer tiefer Zellen mit den gleichen Ausläufern und den Axencylindern der an Ort und Stelle liegenden Zellen gegeben ist. Solch einen Reichthum an Verbindungsmöglichkeiten zwischen den Ausläufern ganz verschieden gelagerter Zellen, wie er hier enthüllt worden ist, hat selbst die kühnste Phantasie speculirender Psychologen sich kaum träumen lassen. Und dennoch ist und bleibt nicht nur hier, sondern auch sonst überall in der Rinde jede Zelle als selbständiges Individuum bestehend. Nirgendwo erkennt man directe Verbindungen, überall zeigen sich nur Anlagerungen.

Unter der Tangentialfaserschicht liegt die Schicht der kleinen Pyramidenzellen. Sie geht ganz allmählich in 3, die der grossen Pyramiden über. Die Axencylinder all dieser Zellen ziehen in der Richtung nach dem Marklager. Sie geben zahlreiche Nebenästchen ab. Viele spalten sich nahe dem Marklager in einen horizontalen und in einen absteigenden Ast. Aus diesen Fasern werden die Züge, welche die Hirnrinde mit tiefer liegenden Centren, und diejenigen, welche sie mit ferner liegenden Rindenstellen verbinden.

Die Dendritenfortsätze ragen peripherwärts mehr oder weniger weit nach aussen, enden zum Theil erst unter der Pia.

Nahe dem Marklager, unter den wohlausgeprägten Pyramiden, liegen zahlreiche Zellen von unregelmässiger dreieckiger, auch kleinpyramidaler Form. Sie verhalten sich im Verlauf ihrer Axencylinder, wie in dem ihrer Dendritenfortsätze analog den Pyramiden, bieten nur unregelmässigere Formen und ärmere Verzweigung. In dieser tiefsten Schicht findet man dann noch zahlreiche multipolare Zellen *g*, deren Axencylinder in den verschiedensten Richtungen, horizontal, auf- und absteigend verlaufen kann. Er zeichnet sich aber immer dadurch aus, dass er nach kurzem Verlauf sich in ein weites complicirtes Geäst auflöst, dessen Fäserchen alle frei enden. Solche Zellen kommen übrigens auch noch in fast allen anderen Schichten der Hirnrinde vor. Auch sie sind mit ihrer weiten Auszweigung wieder sehr geeignet, andere Zellgebiete unter einander physiologisch zu verknüpfen.

Die unzähligen Axencylinder mit ihren Verzweigungen, die Seitenästchen, welche sie aussenden, dann die zahlreichen, von anderen Stellen des Gehirns in die Rinde eintretenden Fasern, sie alle zusammen bilden natürlich ein ausserordentlich dichtes Gewirr. Es zu entwirren, war durch den glücklichen Umstand möglich, dass die Golgi'sche Methode zumeist in dem gleichen Präparate immer nur relativ wenige Zellen schwärzt. Die gleichen Fasergewirre, wie sie in Fig. 48 Ihnen die Markscheidenfärbung gezeigt hat, lassen sich mit der Zellfärbung demonstriren, nur sind sie im letzteren Falle noch viel dichter. Es scheint, dass die Axencylinder der allermeisten Zellen in der Hirnrinde, ebenso die Collateralen, welche aus den Axencylindern der Pyramiden entspringen, eine Markscheide besitzen. So lange wir alle diese Fasern ihrem Wesen nach noch nicht richtig benennen können, wird es behufs Verständigung, bei pathologisch-anatomischen Untersuchungen z. B., zweckmässig sein, provisorische Namen für sie einzuführen. Wir wollen unterscheiden 1. Radii, Markstrahlen, 2. interradiäres Flechtwerk, zumeist aus der Oberfläche parallelen Fasern bestehend, 3. superradiäres Faserwerk und 4. Tangentialfasern. An der Grenze zwischen dem superradiären und dem interradiären Flechtwerk verdichtet sich das letztere besonders stark. Diese überall auch mit blossem Auge als weisser Streif sichtbare Schicht ist namentlich im

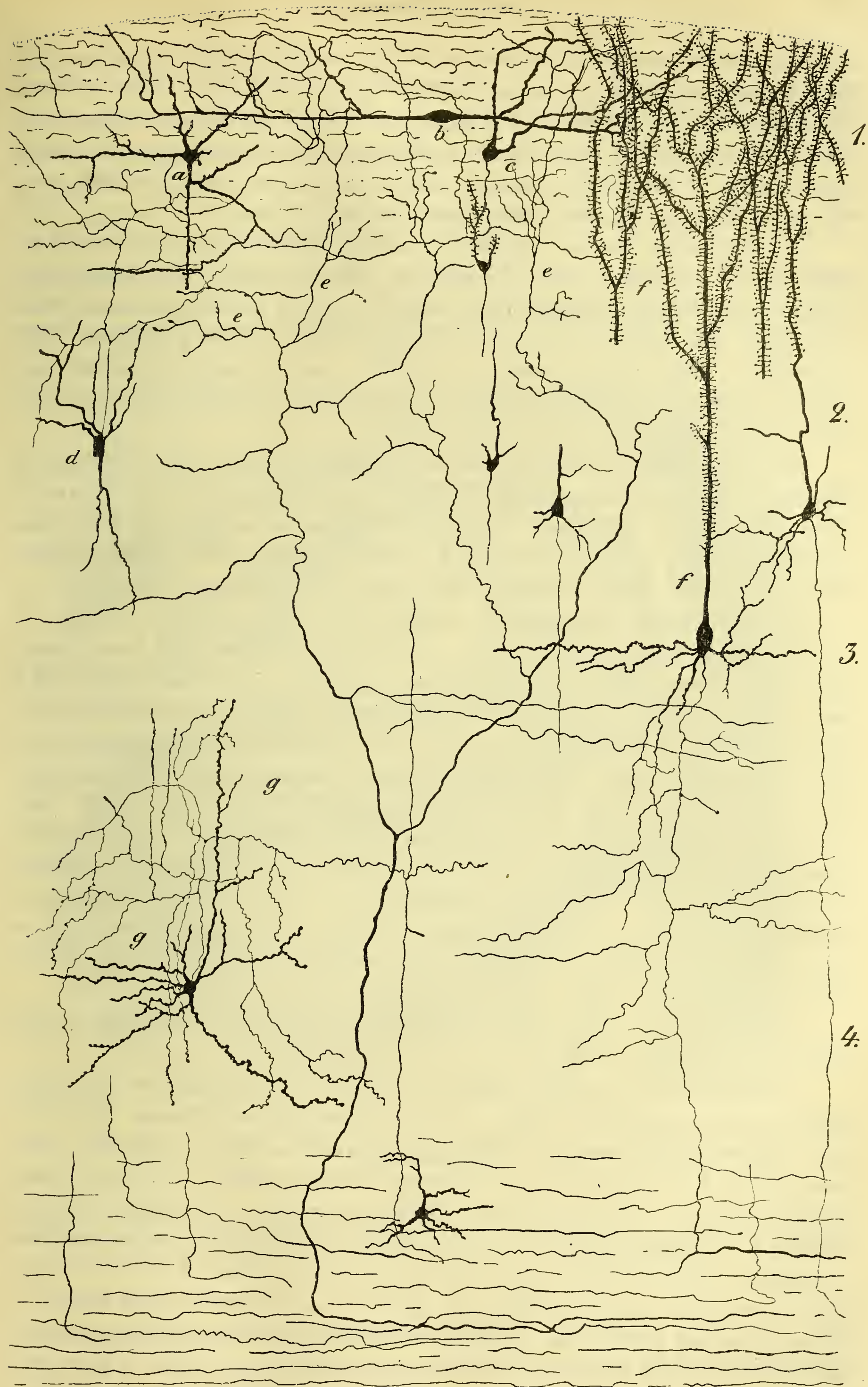


Fig. 49.

Schnitt durch die Hirnrinde bei einem Säugethier. Combinirt nach Präparaten von Ramon y Cajal.

Bereich des Cuneus so dicht, dass sie dort besonders leicht erkannt wird. Man bezeichnet sie als Gennari'schen Streif oder nach ihrem späteren Wiederbeschreiber meist als Baillarger'schen, speciell im Cuneus als Vicq d'Azyr'schen Streifen. Doch liegt im Occipitallappen der Streif etwas tiefer in der dritten Schicht, näher der vierten, nicht so hoch oben, wie er in Fig. 48 für den Stirnlappen abgebildet ist.

Die Markscheiden im superradiären Flechtwerk entstammen wohl zumeist den Kernfasern. Sehr fraglich ist, ob die Zellen mit verzweigtem Axencylinder markscheidenhaltige Ausläufer haben. Der Gennari'sche Streif wird ganz von Seitenzweigen aus Pyramidenaxencylindern gebildet. Das interradiäre Flechtwerk besteht ebenfalls aus Axencylindercollateralen gleicher Herkunft, vielleicht auch aus dem Geäst der Zellen mit verzweigtem Axencylinder.

Wie ich vorhin erwähnte, ist die Hirnrinde nicht an allen Stellen der Oberfläche gleich gebaut. Die Rinde der Umgegend der Fissura calcarina ist z. B. ausser durch den Gennari'schen Streifen auch charakterisirt durch ein Vorherrschen der kleinen polygonalen, meist helleren Zellen und eine relative Armheit an grossen Rindenpyramiden.

Eine besondere Betrachtung verdient die Ammonsformation. An der Hirnbasis ganz median wendet sich hier die Rinde erst nach aussen und dann direct wieder nach innen, um dann sich wieder ein kleines Stück nach aussen zurück zu krümmen. S. Figur 50. Die Pyramidenzellen der Ammonswindung gehen dann aber nicht unmittelbar in diejenigen des Gyrus dentatus über. Sie enden vielmehr unregelmässig durch einander geworfen (bei *a* der Fig. 50) und dieser unregelmässige Haufen wird dann von dem Halbbogen der regelmässig stehenden Zellen des Gyrus dentatus umschlungen. Wir können jetzt ohne Zwang die Schichten der Ammonsformation auf die reguläre Rindenschichtung zurückführen (Meynert und besonders Schaffer), sie bieten aber in ihrem Gesammtaussehen doch so viele Eigenthümlichkeiten, dass man bei Beschreibungen die Namen, welche sie früher erhalten haben, noch anwendet.

Wollen Sie an der folgenden Abbildung von unten nach oben gehend zunächst die Rinde verfolgen.

Der Theil des Ammonslappens, welchem die eigentliche Aufrollung aufliegt, wird als Subiculum cornu Ammonis bezeichnet. Er ist von einer ungewöhnlich starken Schicht von Tangentialfasern bedeckt, deren netzförmige Anordnung schon am frischen Gehirn auffällt. Viele von diesen Fasern scheinen die ganze Rinde durchbohrend bis in das Marklager der Windung zu gelangen. Da, wo die Einrollung beginnt, wird die Tangentialfaserschicht dünner, sie begleitet aber die ganze Ammonswindung weiter und liegt, wie ein Blick auf die Figur zeigen muss, der Rinde des Gyrus dentatus direct auf. Auch diese besitzt eine Tangentialfaserschicht. Beim Menschen ist es schwer, die Tangentialfasern des Gyrus Hippocampi von denen des Gyrus dentatus zu sondern. Sie bilden gemeinsam eine einzige Schicht. In diese tauchen, ganz wie es auf Figur 49 von der

übrigen Rinde gezeichnet ist, die Dendriten der Rindenzellen ein; von der einen Seite die Dendriten aus der Dentatusrinde, von der anderen diejenigen der Ammonsrinde. Unter der Tangentialfaserschicht liegt im Bereich der Ammonswindung eine zweite mächtige Schicht markhaltiger Fasern. Diese gewundene Platte, Lamina medullaris circumvoluta, ist ein Associationssystem von Fasern, die im Ammonshorn entspringen und da enden, wo es vom Gyrus dentatus umfasst wird.

Sie müssen der Rinde selbst angehören und nicht erst dahin eindringen, denn bei einem Hunde, dem von der ganzen Hirnrinde nur die eine Ammonswindung geblieben war, liess sich dies System völlig erhalten nachweisen.



Fig. 50.

Schnitt durch die Hirnbasis und die unter ihr liegende Ammonswindung. Nach einem mit Hämatoxylinkupferlack gefärbten Präparat. Der Plexus choroides etwas einfacher gezeichnet, als er es beim Erwachsenen ist. Man beachte, dass und wie er den Ventrikel vom Schädelraum abschliesst.

Die Lamina med. circumvoluta liegt schon im Bereich der langen Dendritenfortsätze, welche die Zellen der Ammonswindung aussenden. Die Richtung so vieler langer Fortsätze nach aussen giebt diesem Stratum ein leicht gestreiftes Ansehen auf dem Schnitt. Man hat es deshalb als Stratum radiatum bezeichnet. Die Zellen selbst scheinen an gehärteten

Präparaten in grossen Hohlräumen zu liegen. So erscheint ihr langer gewundener Zug als helle Schicht und hat den Namen Stratum lucidum erhalten. Sie senden ausser ihren Dendriten theilweise auch, ganz wie in der übrigen Rinde, ihre Axencylinder hinaus zur Tangentialschicht. Der grössere Theil der Axencylinder aber tritt ventrikelwärts und es bilden diese und andere Fasern dann ein richtiges Marklager, den Alveus, der dicht unter dem Ventrikelepithel liegt. Der schmale Raum zwischen dem Stratum lucidum und dem Alveus wird von zahlreichen, in das Ammonshorn eindringenden und aus ihm abziehenden Fasern erfüllt. Er enthält unzählige Fasertheilungen und eine Anzahl sehr merkwürdiger Associationszellen, die wir erst neuerdings durch Ramon y Cajal kennen gelernt haben. Sie sind durch ihren vielverzweigten Axencylinder, der in die Zelllage des Stratum lucidum eindringt, geeignet, die Pyramidenzellen der Ammonswindung unter einander wohl zu verknüpfen. S. Fig. 18. Die ganze Lage wird als Stratum oriens bezeichnet.

Alle Untersuchungen der Ammonsrinde lehren, dass hier ein Zellreichthum, eine Mannigfaltigkeit der Faserbeziehungen existirt, welche in der ganzen übrigen Rinde, so weit wir wissen, nicht mehr ihres Gleichen findet.

Eine möglichst genaue Kenntniss der Hirnrinde wird eben von allen Seiten mit Recht angestrebt. Bereits hat sich die Psychiatrie erfreulicher Erfolge zu rühmen, die bei solchen Studien herangereift sind. Ich erinnere nur an die Entdeckung von Tuczeck, der nachwies, dass bei der progressiven Paralyse der Irren zunächst das Netz der Nerven in Schicht 1 untergeht, und dass dann successive auch die Fasern in den tieferen Schichten bis in die vierte hinein schwinden. Aehnliches ist später für andere Psychosen nachgewiesen, und neuere Funde haben gelehrt, dass auch in tieferen Theilen des Gehirns, bei der Paralyse, Schwund feiner Fasern zu Stande kommt. Derselbe wird, wie der Verlauf seiner Ausbreitung erschliessen lässt, hier und da durch secundäre Degeneration von in der Rinde bereits unterbrochenen Fasern bedingt.

Die Nervenfasern in der Hirnrinde bekommen erst sehr spät ihr Mark. Es tritt im 9. Fötalmonat zuerst im oberen Scheitellappen und der hinteren Centralwindung auf, im 1. Lebensmonat kommen hierzu einzelne Fäserchen in der vorderen Centralwindung, später, im 2.—3., beginnt im Occipitallappen die Markbildung der Rinde. Es ist wahrscheinlich, dass diese Verhältnisse mit der Zeit in Beziehung stehen, in der der Mensch in den einzelnen Hirngebieten Erinnerungsbilder abzulagern beginnt, dass sich mit dem Bewusstwerden von Sehvorstellungen z. B. erst die Rinde der Sehsphäre entwickelt.

Im späteren Leben werden immer ausgedehntere Bezirke markhaltig. Vom 3. Lebensjahre ab ist es aber nicht mehr möglich, objectiv diese Zunahme zu constatiren, weil schon zu viel in dieser Zeit markhaltig ist. Dennoch spricht die Wahrscheinlichkeit dafür, dass noch lange Jahre hindurch sich immer neue Bahnen dort entwickeln, dass immer neue Rindenbezirke „in Gebrauch genommen" werden.

Unter der Rinde liegt das Markweiss der Hemisphäre. Das gleichmässige Weiss, welches ein Schnitt durch das Centrum semiovale dem blossen Auge bietet, wird vom Mikroskope aufgelöst in eine grosse Anzahl sich in mannigfachen Richtungen kreuzender, nur schwer zu ver-

folgender Fasern. Versuchen wir es, unter diesen, soweit dies bislang möglich, uns zu orientiren.

Wenn Sie Schnitte durch das frische Gehirn eines neugeborenen Kindes machen, so sehen Sie, dass unter der Rinde fast überall eine eigenthümliche, grauroth durchscheinende Masse liegt, in der nur an einer schmalen Stelle, unter dem oberen Theil der hinteren Centralwindung und in ihrer Nachbarschaft, weisse Nervenfasern zu finden sind. Erst im Laufe der ersten Lebensmonate umgeben sich auch andere Nervenbahnen mit Mark; zunächst meist solche, die von der Rinde nach abwärts ziehen, bald aber auch Züge, die einzelne Rindengebiete mit einander verknüpfen. Die letzteren, die Fibrae propriae der Rinde, sind am ausgewachsenen Gehirn ungemein zahlreich, überall spannen sie sich von Windung zu Windung, zur zunächstliegenden und zu entfernteren, ganze Lappen verbinden sie unter einander. Der Gedanke liegt nahe, dass diese „Associationsfasern" erst durch die Einübung zweier Hirnstellen zu gemeinsamer Action entstehen, resp. sich als deutlich markumgebene Züge aus der indifferenten Nervenfasermasse herausbilden, wenn sie häufiger als andere Züge in Gebrauch genommen werden. Diese Associationsfasern liegen zum grossen Theil dicht unter der Rinde, zu einem anderen Theil im Marklager der Hemisphären. Ein solches System ist, wie Sie sehen, durchaus geeignet, alle Theile des Gehirnes unter einander in Verbindung zu bringen. Die mannigfachen Associationsvorgänge im Denken, in der Bewegung und der Empfindung, denen das Gehirn dient, finden möglicher Weise hier ihr anatomisches Substrat. Nicht unwahrscheinlich ist es, dass diese Fasern bei der Ausbreitung der epileptischen Anfälle eine wichtige Rolle spielen.

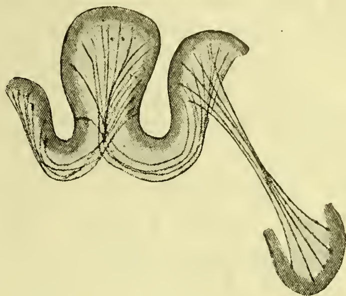


Fig. 51.
Schema der Fibrae propriae der Rinde.

Es ist möglich, bei Thieren durch Reizung einer Rindenstelle zunächst Zuckungen in den hierher gehörigen Muskeln, bei Steigerung des Reizes Krämpfe in der ganzen betreffenden Seite hervorzurufen; Krämpfe, deren Verlauf der Anordnung der betreffenden Centren in der Hirnrinde entspricht. Bei der Ausbreitung dieses Reizes wird nie ein benachbarter motorischer Punkt übersprungen. Die Krämpfe befallen, wenn sie sich völlig über die eine Körperhälfte verbreitet haben, unter Umständen (Intensität des Reizes, Disposition des Versuchsthieres) die andere Hälfte. Exstirpation der einzelnen motorischen Centren bedingt eine Ausschaltung der betreffenden Muskelgruppen aus dem Krampfbilde. Es ist nicht nöthig, dass die Rindenstelle, von der ein solcher Krampfanfall ausgelöst wird, gerade der motorischen Region angehört. Die erzeugten Krämpfe haben die grösste Aehnlichkeit mit dem Bilde der partiellen oder allgemeinen Epilepsie beim Menschen. Bei diesem kennt man, seit den Arbeiten von Hughlings Jackson namentlich, Epilepsieformen, welche mit Zuckungen oder Krämpfen in einem Gliede beginnen und sich zuweilen über mehrere Glieder oder den ganzen Körper verbreiten, im letzteren Falle das

ausgeprägte Bild des epileptischen Anfalles darstellend. Das Bewusstsein schwindet, so lange der Anfall partiell bleibt, durchaus nicht immer. Nach dem Anfalle bleiben manchmal Lähmungen, meist in dem zuerst betroffenen Theil localisirt, zurück. Diese partielle oder Rindenepilepsie ist nicht von der klassischen Epilepsie zu trennen. Die letztere stellt wahrscheinlich nur eine in ihren ersten Anfängen rascher verlaufende Form dar.

Doch ist es nicht nöthig, dass die Ausbreitung eines Reizes von einer Rindenstelle auf eine andere oder auf das ganze Gehirn gerade auf dem Wege der Fibrae propriae erfolgt. Gar manche Wege bieten sich dar: so der durch das feine Nervennetz an der Oberfläche der Rinde; dann kann ja auch die ganze Rinde gleichzeitig beeinflusst werden durch eine Schwankung des Blutgehaltes ihrer Gefässe, und auch der anderen Wege liesse sich noch mancher finden.

Die Verfolgung der Fibrae propriae zwischen zwei benachbarten Rindenbezirken ist, wenn man sich der Abfaserungsmethode bedient, nicht allzu schwer. Die Darstellung der Verbindungen weiter von einander liegender Rindengebiete ist viel schwieriger und führt gar leicht zu Kunstproducten, welche nur zum Theil dem wirklichen Faserverlauf entsprechen. Einigermaassen sicher sind nur wenige Züge zu verfolgen. So das Hakenbündel, Fasciculus uncinatus, das Bogenbündel, Fasciculus arcuatus, das untere Längsbündel, Fasciculus longitudinalis inferior, die Zwinge, Cingulum, und wenig andere.

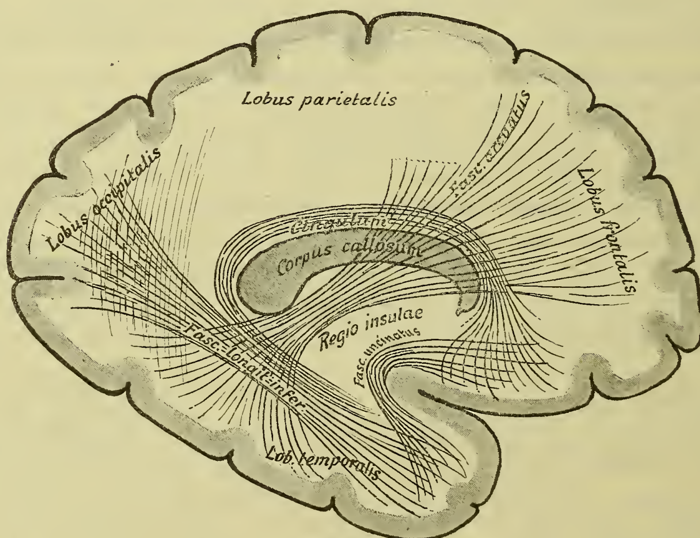


Fig. 52.
Schema des Verlaufes der langen Associationsbahnen.

Das Hakenbündel entspringt aus der Rinde des Schläfenlappens, zieht nahe dem ventralen Inselrande nach vorn und zerfährt in den ventralsten Gebieten des Stirnlappens. Ueber den dorsalen Theil der Insel weg verläuft der Fasciculus arcuatus aus dem caudaleren Theile des Schläfenlappens zur Rinde des Scheitel- und Stirnlappens. Mit ihm ziehen (fraglich)

Fasern einher, die im Stirnlappen entspringend in der Rinde des Occipitallappens enden. Die Zwinge, das Cingulum, ist ein langer Zug, der in der Randwindung — Gyrus fornicatus — von der Rinde des Ammonshornes zu der ventralsten Gegend des Stirnlappens und vielleicht auch zum Riechlappen — Hund und Kaninchen — verläuft. Das untere Längsbündel, der Fasciculus longitudinalis inferior, ein sehr mächtiger Faserzug, verbindet den Schläfenlappen mit dem Occipitalhirn. Schliesslich ist in dem letzteren, durch Sachs besonders, eine Faserung nachgewiesen worden, die, von oben nach unten absteigend, geeignet ist einzelne Höhen zu verknüpfen — Stratum sagittale externum. Mit Recht hebt Sachs hervor, dass eigentlich nur der Schläfenlappen durch lange Züge mit allen Theilen des übrigen Gehirnes in Verbindung steht. In ihm ist, wie die Erfahrungen der Pathologie zeigen, das Klangbild der Sprache localisirt. Der Wichtigkeit, die dieses beim menschlichen Denken habe, entspräche die mannigfach reiche Verbindungsmöglichkeit. Den Verlauf dieser Züge mögen Sie auch aus dem Schema ersehen. Unter diesen grösseren Associationsbündlein sind übrigens nur ganz wenige, die nur lange Fasern enthalten. Sie setzen sich zumeist aus zahlreichen, verschieden langen, von Strecke zu Strecke in gleicher Richtung laufenden Fasern zusammen.

Zu diesen Zügen, welche Theile einer Hemisphäre unter sich verbinden, kommen weiter Fasern, welche eine Hirnhälfte mit der anderen Hälfte verknüpfen. Diese Fasern verlaufen fast alle im Balken und in der vorderen Commissur, also quer durch beide Hirnhälften, von einer zur anderen ziehend.

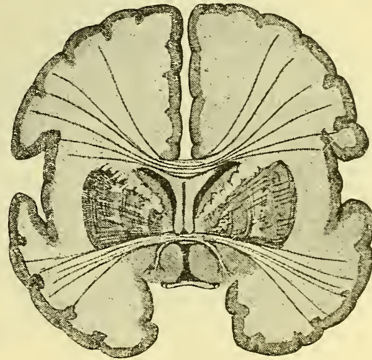


Fig. 53.
Frontalschnitt durch das Vorderhirn. Schema des Verlaufes von Balken und Commissura anterior.

Indem ich die makroskopischen Verhältnisse des Balkens, seine allgemeine Gestalt da, wo er frei von anderer Hirnmasse ist, bei Ihnen, meine Herren, als bekannt voraussetze, bleibt mir nur wenig zur Erläuterung der nebenstehenden Fig. 53 zu sagen übrig.

Sie müssen sich denken, dass ebenso, wie auf diesem etwa durch das Chiasma geführten Schnitte die Balkenfaserung querziehend zu sehen ist, auch in dem ganzen Hirngebiet über den beiden Seitenventrikeln solche Fasern laufen. Auch vom Stirnlappen her bekommt der Balken jederseits einen kräftigen Zuzug, der vorn über das Dach des Seitenventrikels, an dessen lateraler Seite ihm zuwächst. Die Balkenfasern aus dem Occipitallappen liegen, das Hinterhorn dicht wie eine Kappe umschliessend, direct über dessen Epithel. Man bezeichnet sie nach Burdach als Forceps und nennt den an der lateralen Seite des Unterhornes zum Schläfenlappen ziehenden Antheil des Balkens Tapetum. S. Fig. 54.

Bei den osmatischen Säugern, wo das Ammonshorn bis hoch hinauf an die Balkenunterfläche reicht, erkennt man deutlicher als beim Menschen, dass das caudale Balkenende sich wieder nach vorn biegt. Es bildet dadurch eine eigene Faserlage dorsal von dem Psalterium, die auf Schnitten nur durch ihr dünneres Kaliber von den aus dem Ammonshorn stammenden Fasern zu trennen ist. Dieser Balkentheil wird von den Zügen des Fornix longus durchbohrt. Vergl. Fig. 42.

Die von der Innenseite des Gehirnes dargestellte Balkenfaserung bietet das nachstehende Bild (Fig. 54) dar, mit dessen Hülfe Sie sich dann leicht eine Gesammtvorstellung von der Balkenstrahlung machen können.

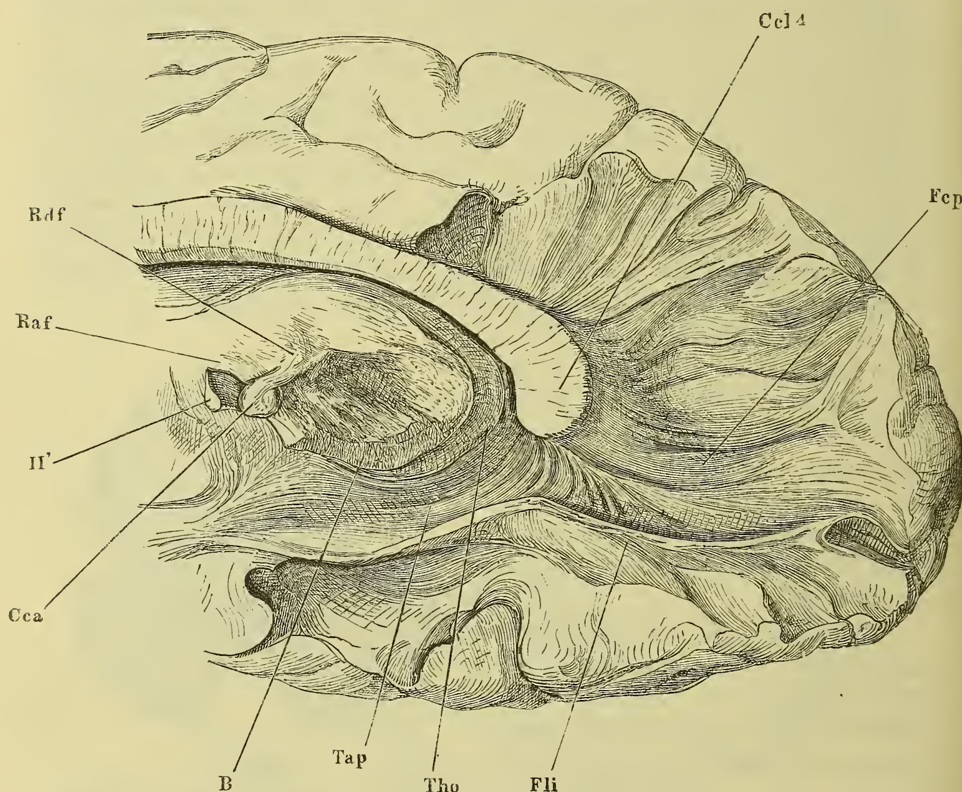


Fig. 54 (nach Henle).

Hinterer Theil der rechten Hemisphäre von innen gesehen. Durch Abbrechen mit der Pincette ist die Strahlung des hinteren Balkenendes, Splenium *Ccl*4, dargestellt. Die runde Masse unter dem Balken ist der Thalamus opticus *Tho*. Von der Wand des ihn umgebenden Ventrikels zieht das Tapetum *Tap* zum Balken. Auf dem Bilde ist auch ein Theil des Fasciculus longitudinalis inferior *Fli* zu sehen. Der Thalamus hat unter sich den Hirnschenkelfuss *B*. Die anderen Buchstabenbezeichnungen betreffen im Text erst später zu Erwähnendes: *Rdf* Vicq d'Azyr'sches Bündel, *Raf* Fornix, *Cca* Corpus candicans, *II'* Nervus opticus. Der mit *Fcp*, Forceps, bezeichnete Zug gehört zur Balkenstrahlung.

Die Commissura anterior hat schon früher anlässlich der Schilderung des Riechapparates eine Darstellung erfahren. Beim Menschen zieht sie als kräftiges Faserbündel nahe dem Boden des Ventrikels vor den Fornixschenkeln daher. Sie lässt sich nicht so, wie oben in der halbschematischen Figur angedeutet, auf einem Querschnitt verfolgen. Ihre Fasermasse krümmt sich vielmehr, indem sie das Corpus striatum durchzieht, beider-

seits im Halbkreis nach unten und hinten und verliert sich im caudalsten Marke des Lobus temporalis. Auf Fig. 53 ist dieser Bogen rechts und links aussen unter dem Nucleus lentiformis angeschnitten.

Der grösste Theil der vorderen Commissur beim Menschen führt nur Fasern, welche rückwärts bis in die Gegend lateral von den Ammonshörnern, vergl. Fig. 50, verfolgt werden können. Von der Riechlappencommissur ist nur ein kleines Bündelchen — man sieht es in Figur 53 abwärts ziehen — nachgewiesen.

Aus allen Theilen der Vorderhirnrinde entspringen zahlreiche Fasern, welche das Vorderhirn mit den tiefer liegenden Theilen des Centralnervensystems verknüpfen. Sehr viele dringen in das Zwischenhirn ein, andere lassen sich bis zu den grauen Massen des Mittelhirns und bis zu den Nervenkernen der Brücke verfolgen, in denen sie zunächst zu enden scheinen. Eine Anzahl zieht weiter hinab durch die Kapsel, den Hirnschenkel, die Brücke und das verlängerte Mark bis zum Rückenmark, wo die Fasern in verschiedenen Höhen in die graue Substanz eintreten.

Diese von der Rinde nach abwärts ziehenden Fasern bezeichnet man in ihrer Gesammtheit als S t a b k r a n z. Sie machen sich kein schlechtes Bild von diesem, wenn Sie sich einmal den Sehhügel losgelöst unter der frei darüber schwebenden Kappe der Hemisphärenrinde denken und nun annehmen, dass von allen Theilen dieser Rinde gegen ihn hin Nervenfasern verlaufen. Von diesen dringen Züge aus dem Stirnlappen, dem Parietallappen, dem Schläfen- und Hinterhauptlappen in ihn ein. Vielleicht auch noch Faserzüge aus der Rinde am Eingang der Fossa Sylvii und welche aus dem Ammonshorn (im Fornix verlaufend). Ein anderer Theil der Züge des Stabkranzes geht aber nicht in den Thalamus, sondern vor ihm, nach aussen vor ihm und nach hinten von ihm vorbei, weiter hinab, tieferen Endstationen zu.

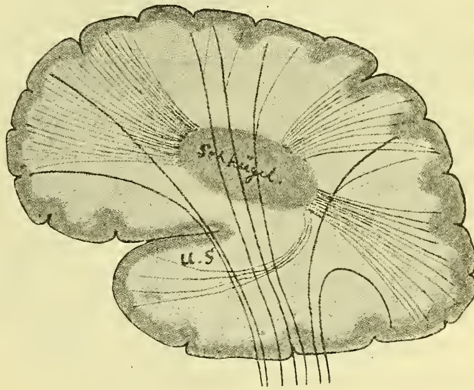


Fig. 55.
Schema der Stabkranzfaserung; der Stabkranz zum Thalamus besonders berücksichtigt. *U. S.* unterer Stiel.

Der Stabkranz setzt sich also zusammen aus Fasern, die zum Thalamus, und aus Fasern, die zu tiefer liegenden Theilen gehen.

Zum Thalamus gelangen fast aus der ganzen Rindenoberfläche Fasern, und nicht nur so wenige Bündel, wie das nachstehende Schema zeigt. Diese Fasern vereinen sich nahe am Sehhügel zum Theil zu dichteren Bündeln, welche man als S t i e l e des S e h h ü g e l s bezeichnet.

Tiefer hinab ziehen Fasern:

1. Aus der Rinde der Centralwindungen und dem Paracentrallappen, also aus der motorischen Region des Gehirns zu den Kernen der motorischen Nerven im Gehirn und Rückenmark (Pyramidenbahn).

2. Die Sprachbahn, zu den Kernen der beim Sprechen nothwendigen Nerven in der Oblongata. Ihr Ursprung in der Rinde der unteren Frontalwindung, ihr Verlauf durch das Marklager aussen am Schwanz des Nucleus caudatus dahin und ihre Endigung in den betreffenden Kernen ist aus genau secirten, klinisch beobachteten Fällen erschlossen. Direct anatomisch dargestellt ist sie noch nicht. Die Sprachbahn liegt da, wo sie über den vorderen Theil des Nucleus lentiformis dahinzieht, der centralen Hypoglossusbahn sehr nahe.

3. Züge aus der Rinde der Stirnlappen zur Brücke, resp. den in ihr enthaltenen Ganglien (vordere Grosshirnrinden-Brückenbahn). Sie gelangen wahrscheinlich aus der Brücke in das Kleinhirn.

4. Aus der Rinde der Occipitallappen und Temporallappen, ebenfalls wahrscheinlich in den Brückenganglien endend (hintere Grosshirnrinden-Brückenbahn).

5. Aus der Rinde des oberen Parietallappens (und der hinteren Centralwindung?), vielleicht auch aus noch weiter hinten liegenden Rindengebieten, gelangen Züge in die innere Kapsel, welche zum Theil unter dem Thalamus weg nach dem Rückenmark zu ziehen, zum Theil sich in den Linsenkern einsenken. Sie durchziehen die beiden Innenglieder desselben und vereinigen sich dann wieder nahe der Hirnbasis zu einem dichteren Strang, dessen Verlauf wir später kennen lernen werden (Haubenstrahlung). Diese letzteren Fasern sind die ersten, welche sich im Grosshirn mit Mark umgeben. Sie allein sind bei Föten aus dem 8. bis 9. Monate als dünne, weisse Züge in der inneren Kapsel, die zu dieser Zeit grau aussieht, zu erkennen (Fig. 2).

6. Aus dem Occipitallappen gelangen Fasern zu den Ursprungsstätten des Nervus opticus. Sie verknüpfen die eigentlichen Opticuskerne mit der Rinde. Auf Fig. 56 ist diese „Sehstrahlung“ nach einem Horizontalschnitt durch das Gehirn eines 9 wöchentlichen Kindes eingezeichnet.

Ihre Zerstörung beim Menschen führt zu homonymer Hemianopsie, s. unten. Bei Thieren scheint sie von so grosser Wichtigkeit nicht zu sein, denn man kann die Hinterhauptrinde beiderseits zerstören, ohne dass dauernd wirkliche Blindheit eintritt. Auch für den Sehact liegen also die eigentlichen Centren tiefer; er kann fortbestehen, wenn nur diese erhalten sind, er erfährt aber doch eine Beeinträchtigung, wenn die Verbindung dieser Centren mit der Rinde zerstört wird. Am wichtigsten ist diese, wohl psychischen Processen dienende Verbindung beim Menschen, von anscheinend geringerer Wichtigkeit bei anderen Säugethieren; niederen Thieren, den Fischen z. B., fehlt sie ganz. Diese sehen, ohne überhaupt — die Teleostier wenigstens — etwas Anderes als eine dünne Epithelblase an Stelle eines Grosshirns zu besitzen.

Es existiren zweifellos noch eine ganze Anzahl verschiedener Stabkranzsysteme. Untersuchungen, die auf ein Finden solcher gerichtet sind,

könnten an den Gehirnen von Kindern aus den ersten Lebensjahren angestellt werden. Dort umkleiden sich die Fasern zu verschiedenen Zeiten mit Mark, und am Ende des zweiten Jahres ist, soweit wir jetzt wissen, der ganze Stabkranz markhaltig geworden.

Auf ihrem Wege nach abwärts treten die Stabkranzfasern in wichtige Beziehungen zu dem Corpus striatum und dem Thalamus opticus.

Sie convergiren naturgemäss und gelangen so in den Raum nach aussen vom Thalamus. Die Fasern aus den vorderen Hirntheilen müssen, um dahin zu kommen, das Corpus striatum durchbrechen. An dem vorstehenden, horizontal durch das Grosshirn gelegten Schnitte wird Ihnen das klar werden.

Er ist etwa einen Finger breit unter dem in Fig. 27 gezeichneten angelegt. Sie müssen sich vorstellen, dass die beiden Halbkugeln der Hemisphären zum Theil abgetragen sind, und dass deren Stabkranzfaserung in den knieförmig gebogenen weissen Streif der inneren Kapsel von oben her zog. Die Antheile der Kapsel aus dem Stirn- und Hinterhauptlappen fallen zum Theil in die Schnittebene. — Nur wenige Worte zur Erläuterung dieses Schnittbildes.

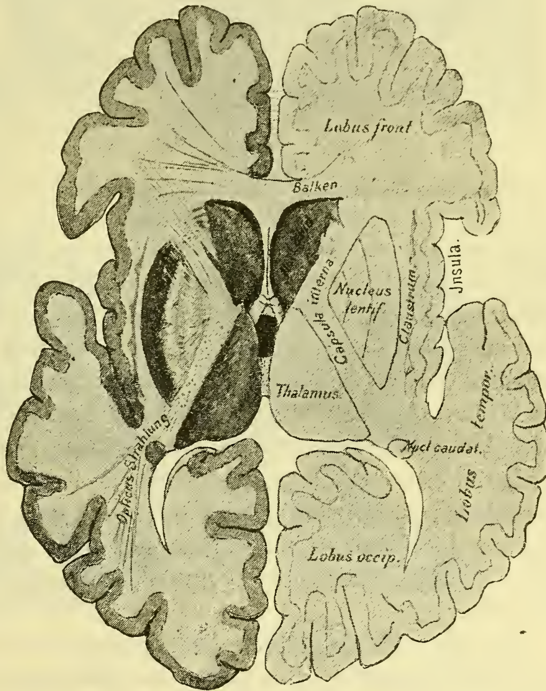


Fig. 56.
Horizontalschnitt (nach den Seiten etwas abfallend) durch das Gehirn.

Stirnlappen, Hinterhaupt- und Schläfenlappen erkennen Sie sofort. Der letztere legt sich vor den Stammlappen und verbirgt so zum Theil die Insula. Wie in Fig. 27, sehen Sie vorn den quer abgeschnittenen Balken, ihm sich anschliessend das Septum pellucidum, an dessen hinterem Ende die Fornixschenkel aufsteigen.

Vorn, nach aussen vom Septum, liegt der diesmal angeschnittene Kopf des Nucleus caudatus. Sein Schwanz, der auf Fig. 27 längs dem Thalamus einherzog, ist nicht zu sehen. Er ist in der weggenommenen Hirnpartie enthalten. Nur ganz hinten aussen, nahe am Ammonshorn, sehen Sie noch ein Stück von ihm. Wie das zu Stande kommt, zeigt die folgende Skizze, welche einen frei präparirten Nucleus caudatus darstellt.

Der Schwanz des Nucleus caudatus krümmt sich nämlich in leichtem

Bogen um den ganzen Hirnstamm und ist bis fast in die Spitze des Unterhorns zu verfolgen. Der ganze Kern muss also auf jedem Horizontalschnitt, wie ihn z. B. die Linie *a b* der Fig. 57 darstellt, in den tieferen Ebenen des Gehirns zweimal getroffen werden.

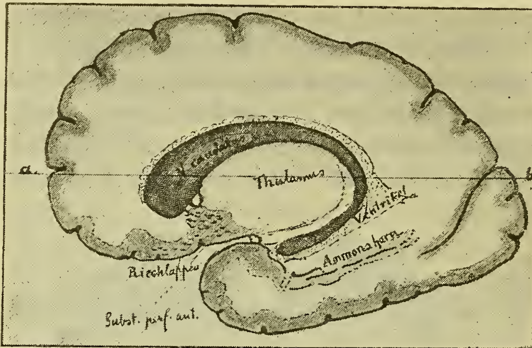


Fig. 57.
Nucleus caudatus in seiner ganzen Länge frei gelegt (schematisirt).

Nach aussen vom Kopf des Nucleus caudatus sehen Sie dicke weisse Faserzüge. Sie kommen von der Rinde des Stirnlappens und enthalten den betreffenden Theil des Sehhügel-Stabkranzes und die Stirnhirn-Brückenfasern. Diese Fasermasse muss, wie Sie aus der Abbildung ersehen, um zum Thalamus und in die Brücke zu gelangen, das ihr im Wege liegende Ganglion des Corpus striatum durchschneiden. Der Theil, der nach innen liegen bleibt, ist eben der Nucleus caudatus, der Theil, der nach aussen zu liegen kommt, ist der Nucleus lentiformis. Beide sind übrigens durch die Fasern aus dem Stirnhirn nicht absolut von einander geschieden; es ziehen vielmehr zahlreiche Verbindungsbrücken zwischen ihnen hin. Die genannten Stabkranzfasern zum Thalamus, die Stirnhirnbrückenfasern, die Züge zwischen dem Kopf des Schwanzkerns und dem Linsenkern, schliesslich noch Fasern aus dem Schwanzkern zu den Innengliedern des Linsenkerns, alle diese Fasern zusammen constituiren die in unserem Horizontalschnitt getroffene weisse Fasermasse der Capsula interna.

Der Fig. 58 abgebildete Frontalschnitt soll das Bild ergänzen, welches der Horizontalschnitt von diesen Verhältnissen gab. Er trifft, sehr weit vorn liegend, wesentlich die Ganglien des Corpus striatum und zeigt ebenfalls deutlich die sie trennenden Fasern der Capsula interna.

Gestalt und Lage des Nucleus caudatus werden Ihnen wohl jetzt klar sein, schwerer wird es Ihnen fallen, von der eigenthümlich keilförmigen Figur des Linsenkernes sich ein Bild zu machen. Das Studium des Horizontalschnittes und des Frontalschnittes, Fig. 58, wird Ihnen dabei von Nutzen sein. Diesem Ganglion lagern nach innen zu noch zwei weitere, etwas heller graue Ganglienmassen an, die in enger Faserverbindung mit ihm stehen. Man spricht daher gewöhnlich von dem dreifach gegliederten Linsenkern, wobei das breite dunklere äussere Glied, das Putamen, wahrscheinlich allein dem Nucleus caudatus morphologisch gleichwerthig ist. Dieser sendet seine Fasern, wie oben angedeutet wurde, durch den vorderen Schenkel der inneren Kapsel zu den zwei inneren Gliedern des

Linsenkerns und durch sie hindurch weiter hinab. Ganz ebenso verlaufen auch die Fasern des äusseren Gliedes des Linsenkerns.[1])

Nach aussen vom Corpus striatum liegt die Rinde der Insula Reili. In dem schmalen Streifen weisser Substanz, der zwischen Rinde und Ganglion liegt, in der Capsula externa, ist noch eine Ganglienzellenanhäufung, das Claustrum, eingelagert, die anatomisch sich etwas von der benachbarten Rinde unterscheidet und ventral sich bis in das Riechfeld erstreckt.

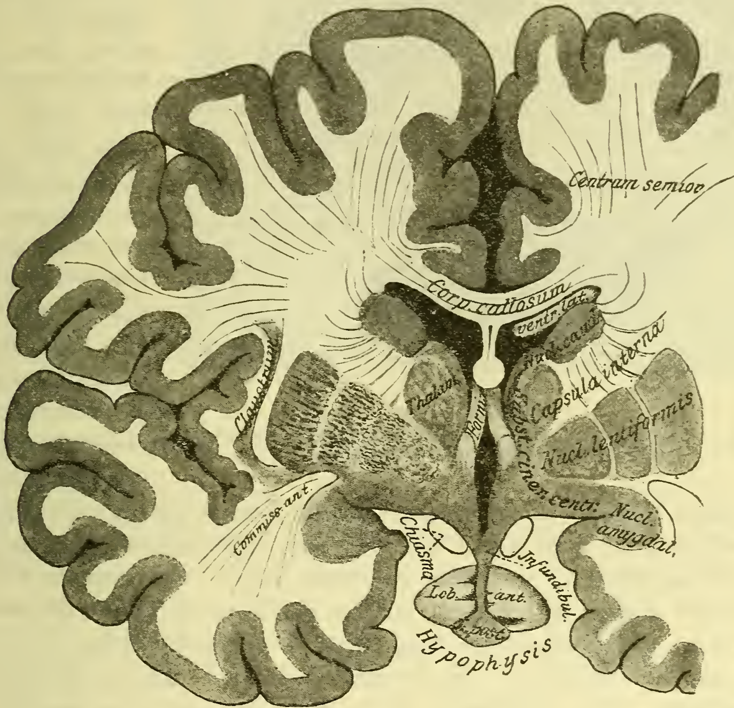


Fig. 58.
Frontalschnitt durch das Vorderhirn dicht hinter den aufsteigenden Fornixschenkeln.

Hinter dem Nucleus caudatus geht der Horizontalschnitt, Fig. 56, durch den Thalamus, das Zwischenhirn. Vor diesem entsteigen die Fornixschenkel der Tiefe; die Commissura media, ein dünnes Band aus grauer Masse, spannt sich zwischen beiden Sehhügeln aus. Nach aussen vom Thalamus liegt der hintere Schenkel der inneren Kapsel. Die Stelle, wo beide Schenkel zusammenstossen, hat man Knie der Kapsel genannt. Prägen Sie die eigenthümliche, im Winkel abgebogene Form der Capsula interna Ihrem Gedächtnisse wohl ein! Die Lage der

1) Die in den Ganglien des Corpus striatum entspringenden Fasern werden viel später markhaltig, als die Haubenstrahlung, welche die Innenglieder des Nucleus lentiformis durchsetzt. Dadurch wurde es möglich, diese beiden verschiedenen Faserarten, welche sich beim Erwachsenen eng vermischen, von einander zu scheiden.

einzelnen Stabkranzantheile zu den beiden Winkeln ist überaus wichtig und wahrscheinlich annähernd constant. Im hinteren Schenkel liegt, meist nicht weit vom Knie, die Faserung aus der motorischen Zone für die Extremitäten (Pyramidenbahn), dicht vor ihr Züge, die zum Facialis- und Hypoglossuskern in Beziehung stehen und aus dem unteren Ende der vorderen Centralwindung stammen.

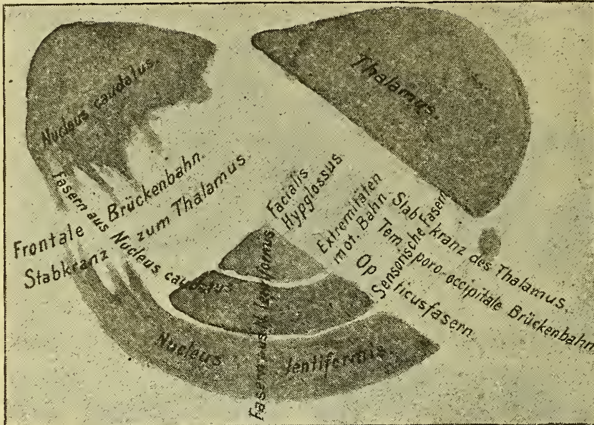


Fig. 59.
Schema der Capsula interna, in welches die Lage der meisten Faserzüge, welche in sie eingehen, eingeschrieben ist.

Hinter der Pyramidenbahn werden, etwa im letzten Drittel des Schenkels oder etwas mehr nach vorn, die als Haubenstrahlung bezeichneten Züge getroffen, und nach hinten sich ihnen anschliessend liegt der Zug aus dem Occipitallappen zum Opticusursprung. In dieser Gegend müssen sich, klinischen Thatsachen zufolge, auch Fasern von der Temporalrinde zum Acusticuskern befinden und auch solche vertreten sein, welche irgendwie zum Geruch in Beziehung stehen. So treffen im letzten Drittel des hinteren Schenkels der inneren Kapsel alle Fasern für das Gefühl und für die Sinnesnerven zusammen. Ausserdem aber liegen hier noch Stabkranzfasern zum Thalamus aus der Schläfen- und Occipitalrinde und die temporo-occipitale Brückenbahn. Die vorstehende Figur giebt die Lage der einzelnen, die Capsula interna zusammensetzenden Züge zu einander schematisch wieder.

Mit der Histologie der Hirnrinde und mit den feineren anatomischen Verhältnissen ihres Aufbaues haben sich zahlreiche Forscher beschäftigt. Je mehr bisher da gearbeitet wurde, um so schwieriger erschien die Lösung des Problems. Immer neue, immer verwickeltere Verhältnisse wurden bekannt. Baillarger, Bevan Lewis, Clarke, Gerlach, Meynert, Golgi, Bellonci, S. Ramon y Cajal und viele Andere haben die wichtigsten Punkte klarzustellen versucht. Die Rinde des Ammonshornes wurde speciell von Meynert, Kölliker, Henle, Duval, Schaffer, Golgi, Sala, R. y Cajal untersucht. Die Faserung im Markweiss der Hemisphären wurde bereits von F. Arnold, Reil und Burdach durch Abfaserung vielfach erkannt, die mikroskopischen Untersuchungen von Meynert und von Sachs, namentlich aber die entwicklungsgeschichtlichen Studien von Flechsig, dann zahlreiche experimentelle Arbeiten von Gudden, Löwenthal, Monakow und Anderen haben zur Aufklärung kräftig vorangeholfen. Nicht zu unterschätzen ist auch der Nutzen, den die Anatomie dieses Gebietes durch Untersuchungen am erkrankten Gehirn erfahren hat. Solche haben angestellt: Wernicke, Charcot, Féré, Pitres, Friedmann, Sioli, Monakow, Richter, Zacher u. A.

Alle die Fasermassen streben also aus der Rinde convergirend zusammen nach der Gegend, welche lateral vom Thalamus liegt. Ein Theil von ihnen

tritt in den Sehhügel ein (Stabkranz des Sehhügels), ein weiterer — und das ist der grösste — zieht unter den Thalamus, wo er in Ganglien endet, oder weiter hinab zum Rückenmark. Erkrankungsherde, welche in dem Centrum semiovale liegen, müssen daher einen Theil der Stabkranzfasern treffen. Sie machen aber durchaus nicht immer Symptome, welche eine Unterbrechung der Leitung von der Rinde zur Peripherie vermuthen liessen. Wahrscheinlich deshalb, weil gröbere, unserer heutigen Diagnostik zugängliche Ausfallsymptome nur entstehen, wenn die ganze betreffende Bahn zerstört wird. Es scheint, dass ein kleiner erhaltener Rest ausreicht, den Willensimpuls von der Rinde zu den tieferen Stationen zu leiten, resp. Empfindungen von der Peripherie zur Rinde zu führen.

Namentlich bleiben Herde, die nicht im Marklager unter den Centralwindungen liegen, oft symptomlos, d. h. Herde, welche die Rinden-Brückenbahnen und die Haubenstrahlung treffen. Herde aber, welche die Pyramidenbahn treffen, erzeugen Lähmung der gekreuzten Körperhälfte. Erkrankungen im Marklager unter der unteren Stirnwindung führen oft zu Aphasie. Uebrigens sind eine Anzahl Fälle bekannt, die es sehr wahrscheinlich machen, dass Unterbrechung der Haubenstrahlung zu halbseitigem Sensibilitätsverlust führen kann. Ein von mir neuerdings beobachteter Fall lehrt, dass Schmerzen, welche nach Apoplexien auftreten, zuweilen durch Nachbarschaft von Erkrankungsherd und Haubenstrahlung erklärt werden können.

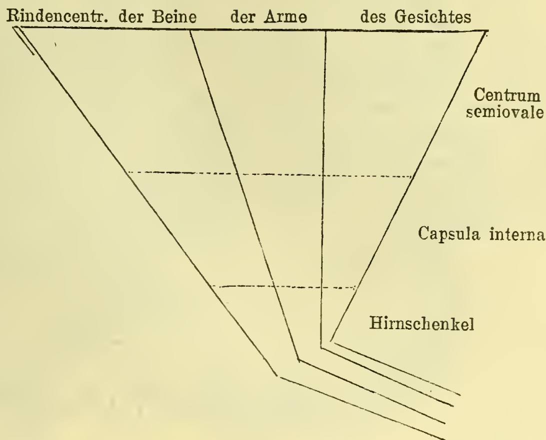


Fig. 60.

Es scheint ziemlich sichergestellt, dass Erkrankungen, welche die Gegend hinter dem Knie der Kapsel treffen, resp. die Fasern dort leitungsunfähig machen, die Bewegungsfähigkeit der ganzen gekreuzten Körperhälfte aufheben, dass Herde, die in den beiden letzten Dritteln des hinteren Schenkels sitzen, die Sensibilität der gegenüberliegenden Körperhälfte zerstören oder doch sehr beeinträchtigen. In den meisten Fällen leidet auch der Gesichtssinn Noth, und wahrscheinlich zuweilen auch das Gehör. Die Störung des Gesichtssinnes tritt in Form der Hemiopie auf.

Wenn Sie bedenken, dass, wie ich wiederholt erwähnte, alle Fasern radiär von der Rinde nach der Kapsel zusammenstrahlen, so wird es Ihnen leicht begreiflich sein, dass in der Kapsel schon kleine Herde dieselben Symptome machen können, wie grössere im Centrum semiovale, oder noch ausgebreitetere in der Rinde. Hier liegen eben die Fasern eng beisammen, die dort über einen grösseren Raum ausgebreitet sind. Beispielsweise wird ein sehr ausgedehntes Rindengebiet (beide Centralwindungen und die dicht an sie grenzenden Partien der Stirn- und Parietalwindungen) ausfallen müssen, wenn complete gekreuzte Hemiplegie entstehen soll. Im Centrum semiovale dürfte schon ein kleinerer Herd im Marklager unter den Centralwindungen denselben Effect haben. In der inneren Kapsel aber reicht die Zerstörung einer kleinen Stelle im hinteren Schenkel allein aus, um den Symptomencomplex hervorzurufen.

Bei Hemiplegien wird man deshalb immer zunächst an Herde, die der inneren Kapsel benachbart sind oder in ihr liegen, denken, wenn nicht andere Symptome ganz direct auf andere Hirngebiete hinweisen. Hemiplegien nach Rindenherden sind sehr selten, Hemiplegien, die vom Mittelhirn oder noch tiefer liegenden Stellen ausgehen, noch viel seltener und meist mit Hirnnervensymptomen verknüpft, welche auf ihren Sitz hinweisen.

Andererseits lehrt uns die anatomische Betrachtung und die klinische Erfahrung, dass cerebrale Affectionen einzelner Körpertheile, einer Hand z. B., nur sehr selten von Herden in der Kapsel erzeugt werden, eben weil da die Fasern bereits so dicht zusammengeflossen sind, dass ein Erkrankungsherd kaum einzelne isolirt treffen kann. Wohl aber gehen nicht allzu selten von der Rinde aus Monoplegien und Monospasmen. Dort kann ein Herd schon relativ gross sein, ehe er ein benachbartes Centrum trifft. Das vorstehende Schema wird Ihnen das Gesagte leicht einprägen. Es zeigt, warum Monoplegien häufiger von der Rinde, Hemiplegien häufiger von tiefer gelegenen Hirntheilen ausgehen, denn man sieht auf den ersten Blick, dass ein Herd von bestimmter Länge in der Rinde leicht nur ein Centrum, weiter unten die Fasern aus vielen Centren treffen kann.

Welche Symptome eintreten, wenn allein Associationsfaserstränge erkranken, ist wegen der Nachbarschaft dieser Fasern zum Stabkranz bislang nicht zu eruiren gewesen. Wahrscheinlich gehören gewisse Formen der Sprach-, Lese- und Hörstörungen hierher. Auch über Symptome bei Functionsausfall des Balkens wissen wir wenig. Es scheint, dass er unter Umständen ganz zerstört werden kann, ohne dass Störungen der Motilität, der Coordination, der Sensibilität, der Reflexe, der Sinne, der Sprache eintreten, ohne dass sich eine irgend erhebliche Störung der Intelligenz zeigt. Einmal wurde bei Balkenerkrankung unsicherer Gang ohne eigentlichen Schwindel oder Ataxie beobachtet.

Siebente Vorlesung.

Der Stabkranz, das Corpus striatum, der Thalamus und die Regio subthalamica. Die Gebilde an der Hirnbasis.

M. H.! Von den Stabkranzfasern bleibt, wie Sie in der vorigen Vorlesung sahen, ein grosser Theil im Zwischenhirn, im Thalamus opticus. Die anderen ziehen in der Kapsel weiter hinab und nach hinten. So gelangen sie hinter dem Thalamus zu einem grossen Theil frei an die Unterfläche des Gehirns. Diese dort aus der Hirnmasse hervortauchenden dicken weissen Bündel werden als Fuss des Hirnschenkels, Pes Pedunculi, bezeichnet.

Wie Sie an dem nachstehenden Frontalschnitte sehen, liegt dieser freie Theil der Kapsel, dessen Fasern caudalwärts als Hirnschenkel abbiegen, ventral vom Thalamus. In diesen Fusstheil des Hirnschenkels gelangen die Züge der Stirnhirn-Brückenbahn, der Temporalhirn-Brückenbahn und der Pyramidenbahn. Die Stabkranzfasern des Opticus und die Haubenstrahlung treten nicht in den Fuss ein. Weiter caudal, in der Vierhügel-

gegend, liegen dorsal vom Fusse, an der Stelle, wo jetzt der Thalamus sich befindet, die Nervenfasern, welche aus dem Thalamus und aus anderen Hirntheilen kommen, auch die aus der Haubenstrahlung. Es scheiden sich dort die Fasern aus dem Vorder-, Zwischen- und Mittelhirn in eine ventrale Partie, den Fuss, und eine dorsale, die Haube.

Fig. 61.

Frontalschnitt durch das Vorder- und Zwischenhirn nahe an der Stelle, wo Fasern der Capsula interna zum Fuss des Hirnschenkels werden.

Es kann ein sehr lehrreicher Schnitt angefertigt werden, welcher ein Bild von der Entstehung der Fasern im Fusse giebt. Nehmen Sie ein frisches Gehirn und schneiden Sie den Hirnschenkel senkrecht ein, bis Sie auf die Substantia nigra treffen. Nun wenden Sie das Messer und schneiden mit schräg aufwärts und vorwärts gerichteter Schneide horizontal durch beide Hemisphären gerade hindurch. So ist die Grundlage der Abbildung angefertigt, welche Fig. 145 wiedergiebt.

Das nachstehende Bild will versuchen, die Entwickelung des Fusses aus der Capsula interna an einem schematischen Horizontalschnitt durch das Gehirn zu zeigen. Der Thalamus ist durchsichtig gezeichnet. Nach

hinten fällt der Schnitt stark ab, sonst würde er nicht den an der Hirnbasis liegenden Fuss treffen.

Die Bahnen aus der Rinde bilden die Hauptmasse des Fusses. Ihnen ist dorsal ein kleiner Zug aufgelagert, welcher, aus dem Stammganglion kommend, in einem dorsal vom Fuss gelegenen Ganglion, der Substantia nigra endet. Stratum intermedium pedunculi.

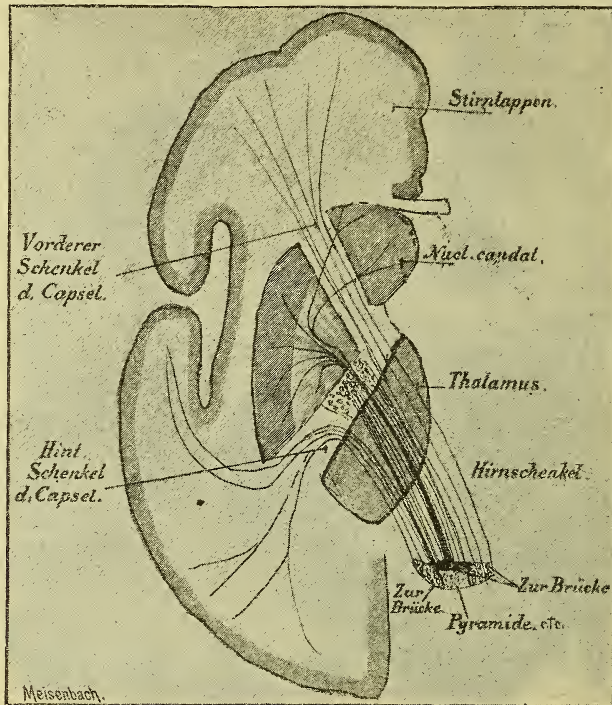


Fig. 62.
Schema des Faserverlaufes aus der Capsula interna zum Fusse des Hirnschenkels (nach Wernicke, modificirt).

Wir wollen nun einmal dem **Stammganglion** und der aus ihm entspringenden Faserung unsere Aufmerksamkeit zuwenden.

Das mächtige, an der Basis des Vorderhirnes gelegene Ganglion wird, wie Sie wissen, durch die aus der Rinde stammende Faserung der Kapsel in den lateral bleibenden Nucleus lentiformis und in den dorsal und medial liegenden Nucleus caudatus getheilt. Der Nucleus lentiformis besteht aus einem Aussenglied, dem Putamen, und zwei oder mehreren Innengliedern, dem Globus pallidus. Aus dem Putamen und aus dem Nucleus caudatus entspringt die Eigenfaserung des Stammganglions. Ausserdem wird dann das Ganglion durchzogen von einer aus der Rinde entspringenden Faserung, der Haubenfaserung.

Die Eigenfaserung des Stammganglions verbindet dasselbe mit den Ganglien des Zwischenhirnes. Sie zieht zum Theil im vorderen Kapsel-

schenkel, zum Theil — soweit sie aus dem Putamen kommt — unter diesem an der Hirnbasis hinweg, dem Zwischenhirn zu. Dabei muss sie die Stelle, wo die Kapselfasern frei als Hirnschenkelfuss an die Hirnbasis gelangen, umgreifen. Dieser Theil wird als Linsenkernschlinge, Ansa lentiformis, bezeichnet. Er enthält wesentlich die Fasern aus dem Putamen.

Es handelt sich hier um einen sehr alten und offenbar für den Gesammtmechanismus des Gehirnes sehr wichtigen Faserzug. Denn bei allen Wirbelthieren, von den Fischen bis hinauf zu den Säugern, lässt sich ein starkes Faserbündel nachweisen, das im Corpus striatum entspringt und zum Theil in einem Zwischenhirnkern endet, zum Theil weiter hinabzieht. Beim Menschen ist es schwer aufzufinden, weil sich zu viele Züge aus dem Mantelgebiet, der Rinde, ihm zugesellen. Doch habe ich dieses basale Vorderhirnbündel bei frühen Embryonen erkannt, und es sind wahrscheinlich seine Fasern, die Wernicke und Flechsig als aus dem Corpus striatum entspringend beschrieben haben. Der Letztere hat auch die Verbindung mit dem Thalamus erkannt.



Fig. 63.
Die aus dem Schwanzkern entspringende Faserung zu den Ganglien des Zwischen- und Mittelhirnes.

Neuerdings ist mir aber an dem oben erwähnten absolut entrindeten Hunde der volle Nachweis des Verlaufes der aus dem Stammganglion entspringenden Faserzüge geglückt. Bei diesem Thiere war die ganze aus der Rinde kommende Stabkranzfaserung secundär degenerirt und fast verschwunden. Man erkannte da mit aller Sicherheit, dass aus dem Kopfe des Schwanzkernes und aus dem Putamen sehr mächtige Fasermassen sich entwickelten, die im frontalen Abschnitt der Kapsel basalwärts und zugleich etwas caudalwärts zogen. Der grösste Theil dieser Fasermasse wendete sich rasch nach innen und löste sich in den Thalamusganglien auf; was weiter hinab gelangte, zog allmählich auch immer mehr medianwärts, um in den Ganglien der Gegend unter und hinter dem Thalamus zu verschwinden. Im Bereich der hinteren Vierhügelgegend war die ganze vorn so mächtige Faserung in die Ganglien übergetreten. Ihre letzten Züge hatte die Substantia nigra aufgenommen.

Es bildet also das basale Vorderhirnbündel einen mächtigen Verbindungsweg zwischen dem Stammganglion und den Ganglien des Zwischen- und Mittelhirnes.

Aus der Rinde treten zwischen die Glieder des Globus pallidus die Fasern der Haubenstrahlung. Sie durchlaufen dieselbe als weisse Streifen und sammeln sich an der Basis des Linsenkernes zu einem eigenen Bündel, das dorsal von der Linsenkernschlinge ganz wie diese medialwärts zieht. Es gelangt später in die Medulla oblongata.

Die meisten seiner Fasern ziehen nach innen in die Gegend, welche unter dem Thalamus opticus liegt und als Regio subthalamica bezeichnet wird. Die nebenstehende Abbildung zeigt an einem Schnitt durch das Gehirn einer achtmonatlichen Frucht das Verhalten der Haubenfasern zum Linsenkern. In dieser Entwicklungsperiode sind ausser den gezeichneten Fasern im ganzen Grosshirn noch keine markhaltigen Züge vorhanden. Namentlich fehlen auch die Fasern, welche im Nucleus caudatus und im Putamen selbst entspringen, noch ganz. Nur durch die Untersuchung des fötalen Gehirns war es möglich, mit Sicherheit das Verhalten von Linsenkern und Haubenstrahlung zu einander zu eruiren.

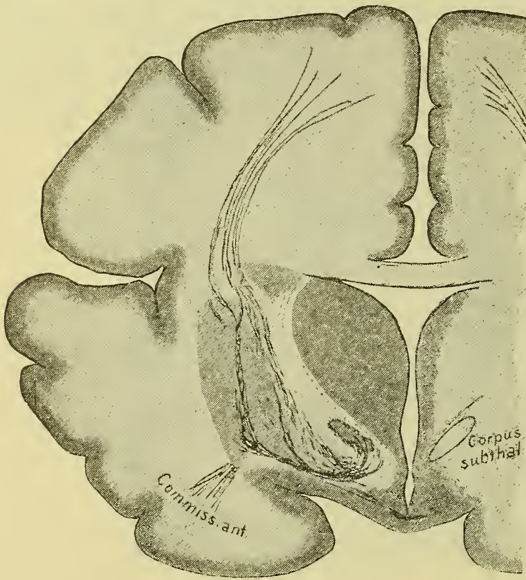


Fig. 64.
Frontalschnitt durch das Gehirn eines Fötus von etwa 32 Wochen. Alle markhaltigen Fasern durch Hämatoxylin schwarz gefärbt. Haubenstrahlung (oben), Linsenkernschlinge (unten) und vordere Commissur (aussen unten) sind markhaltig. Im Putamen und Nucleus caudatus noch keine markhaltigen Fasern.

An diesem Präparat ist der Zug, welcher direct aus der Haubenstrahlung (dorsal von der als Corpus subthal. rechts bezeichneten grauen Masse) zu tieferen Regionen hinabzieht, nicht sichtbar, weil er nicht in die Schnittebene fällt. Vergl. Fig. 65 die „zur Schleife“ bezeichnete Linie, welche schematisch diesen Zug wiedergiebt, desgleichen Fig. 69.

Bei den Säugern existirt ein kleiner Faserzug, welcher lateral vom Schwanzkern auf dessen ganzer Länge einherzieht. Er beginnt vor dem Kopfe des Ganglions mit wenig Fasern, die aus diesem selbst zu kommen scheinen, verstärkt sich weiter hinten mehr und mehr, nimmt dann aber wieder, entsprechend der Dünne des Schwanzes, ab und ist nicht weiter als das Ganglion selbst zu verfolgen. Das Bündel liegt in dem Winkel,

den die Schwanzkernoberfläche mit dem Ventrikeldache macht und wird von den Balkenfasern direct überstrahlt. Seine Fasern scheinen mir aus dem Schwanzkern selbst zu kommen und in ihn wieder zurückzukehren. Associationsbündel des Nucleus caudatus. (Sachs.)

Sie haben jetzt, meine Herren, einen guten Theil der Fasern, die das Vorderhirn aufbauen, in ihrem Ursprungstheil kennen gelernt. Lassen Sie uns jetzt den Gebieten uns zuwenden, wo die Mehrzahl der Grosshirnmarkzüge ein Ende findet.

Hinter dem Grosshirn liegt das Zwischenhirn. Seine Seitenwände sind die Thalami optici. Diese bestehen aus mehreren nicht ganz scharf unter einander abgegrenzten grauen Kernen. Weisse, markhaltige Fasern, das Stratum zonale (Gürtelschicht), überziehen den Thalamus. Sie sind zu einem Theil in der Richtung nach der Hirnbasis in den Sehnerven hinein zu verfolgen, zum anderen scheinen sie aus den caudalen Theilen der Capsula interna, vielleicht aus der Sehstrahlung, zu stammen. Alle senken sich in die Tiefe des Thalamus, wo sie sich zwischen dessen Ganglien in Zügen sammeln und so diese scheinbar von einander trennen. Die mikroskopische Untersuchung zeigt, dass sie in das feine Nervenfasernetz, das diese Ganglien erfüllt, eindringen. Man kann in jedem Thalamus unterscheiden: einen medialen (inneren) Kern, der in den Ventrikel hineinragt, einen lateralen oder äusseren Kern und zwischen beiden den vorderen Kern. Der laterale ist der grösste, der vordere gleicht einem mit dem stumpfen Ende nach vorn zwischen die beiden anderen Ganglien eingedrängten Keile. Dies vordere dickere Ende, welches auf der Thalamusoberfläche als Erhebung vorn sichtbar ist, haben wir früher schon als Tuberculum anterius kennen gelernt.

An den medialen Kern grenzt und ist beim Menschen nicht leicht von ihm abscheidbar das Pulvinar, ein mächtiges Polster, das, den ganzen caudalen Abschnitt des Thalamus einnehmend, als Wulst in den Ventrikel hineinragt. Am medialen Rande des inneren Kernes liegt das schon erwähnte Ganglion habenulae. Caudal am Thalamus liegt ventral und aussen vom Pulvinar ein Ganglion von eigenthümlicher grauer Zeichnung, das Corpus geniculatum laterale. Es ragt weit in die Thalamussubstanz hinein und entsendet eine grosse Anzahl von Ursprungsfasern zum Tractus opticus.

Nach aussen grenzt der Sehhügel an die innere Kapsel (Fig. 61). Zahlreiche Züge, der Stabkranz des Thalamus, ziehen aus ihr in ihn hinein. Sie kommen aus verschiedenen Richtungen und kreuzen sich, indem sie im Sehhügel zusammenstrahlen. Zwischen dem Netz der sich kreuzenden Fasern bleiben Herde grauer Substanz. Die äussere Zone mit diesen Kreuzungen wird ihres Aussehens wegen als Gitterschicht bezeichnet. Da die meisten markhaltigen Fasern in den äusseren Kern einstrahlen, so sieht dieser heller aus als die anderen Kerne des Sehhügels.

Die Innenseite des Thalamus ist durch gleichmässig graue Substanz vom Ventrikel getrennt. Diese heisst centrales Höhlengrau des mitt-

leren (III.) Ventrikels und besteht aus einem zellreichen und von sehr vielen feinen markhaltigen Nervenfasern in allen Richtungen durchzogenen Gewebe. Bei niederen Vertebraten ist es viel beträchtlicher als bei den Säugern entwickelt, ja bei Knochenfischen ist seine Masse viel grösser als das, was von Thalamusganglien dort existirt. Schütz, der diesem Grau beim Menschen neuerdings eine Studie gewidmet hat, fand, dass es Zuzüge aus fast allen den dritten Ventrikel umgebenden Ganglien enthält und, was besonders interessant, dass es gleich den Fasern der Hirnrinde bei der progressiven Paralyse degenerirt. Einen meist besonders gut abgrenzbaren Zug markhaltiger Fäserchen, der im Grau vom dritten Ventrikel ab bis hinab zu den Kernen des Hypoglossus sich verfolgen lässt und immer dicht unter dem Ventrikelepithel liegt, bezeichnet er als dorsales Längsbündel des centralen Höhlengrau.

In der Mittellinie des Gehirns bildet das Höhlengrau den Boden des Ventrikels. Dort verlaufen in ihm von einer Seite des Gehirns zur anderen mehrere dünne Faserüberquerungen, von denen eine, die Meynert'sche Commissur, am besten charakterisirt ist. Ihr Anfang und Ende sind nicht genügend sicher bekannt. An dem Hunde mit vollständiger Zerstörung der Rinde war sie erhalten. Die frontal und ventral von ihr liegende Gudden'sche Commissur werden wir später genauer kennen lernen.

Das centrale Höhlengrau an der medialen Fläche des Thalamus verklebt auf eine ca. 3/4 Cm. lange Strecke mit dem der gegenüberliegenden Seite zur Commissura mollis oder media.

Wenige markhaltige Fäserchen verlaufen beim Menschen in ihr, ob eine bei niederen Wirbelthieren an analoger Stelle vorhandene, viel faserreichere Commissur mit der Commissura media identisch ist, bleibt noch festzustellen.

Für das Kaninchen hat Nissl nachgewiesen, dass jeder der Thalamuskerne wieder in 3—4 Unterkerne zerfällt, die sich nach dem Verhalten ihrer Zellen zu Farben sehr gut unterscheiden. Er hat ausserdem bei diesem Thiere noch beschrieben: einen Kern der Gitterschicht und, frontal vom Ganglion habenulae, den Kern der Mittellinie. Dazu käme dann noch in den frontalsten Thalamusebenen der kleine Nucleus magnocellularis. Monakow hat gezeigt, dass das Corpus geniculatum laterale in 5 Kerne zerfällt, einen dorsalen und einen ventralen, die je zweigetheilt sind, und in einen lateral-ventralen. Von diesen gehört die caudale Abtheilung des dorsalen Kernes der Retinafaserung an, während die übrigen Kerne Zuzüge aus der Rinde zu den primären optischen Endstätten aufnehmen. Jeder dieser letzteren Kerne steht zu einem eigenen Abschnitt der Sehsphäre in Beziehungen.

Der Thalamus ist ganz wesentlich eine Aufnahmestation für die Fasern einerseits aus der Hirnrinde — Stabkranz des Thalamus — und andererseits aus dem Stammganglion — Basales Vorderhirnbündel, Linsenkernschlinge u. s. w. Er entsendet im Verhältniss zu seiner ungeheuren Masse nur sehr wenig Fasern abwärts.

Die aus den Ganglien entspringenden Züge verlaufen zum grösseren Theil in zwei ihre Masse durchziehenden weissen Querscheiden, der Lamina medullaris externa und interna. Die Thalamusfasern gelangen nur zu einem sehr geringen Theil weiter hinab. Hauptsächlich ein einziges aus der Stria med. externa und besonders aus dem lateralen (und ventralen?) Kerne sich sammelndes Bündel, die obere Schleife, kann bis in das Ende der Oblongata, vielleicht auch in die Seitenstränge des Rückenmarkes verfolgt werden. Die Stria med. int. ist nicht über das Mittelhirn hinaus verfolgbar. Aus dem caudalsten Thalamusgebiet entspringt die Radiatio thalami ventralis.

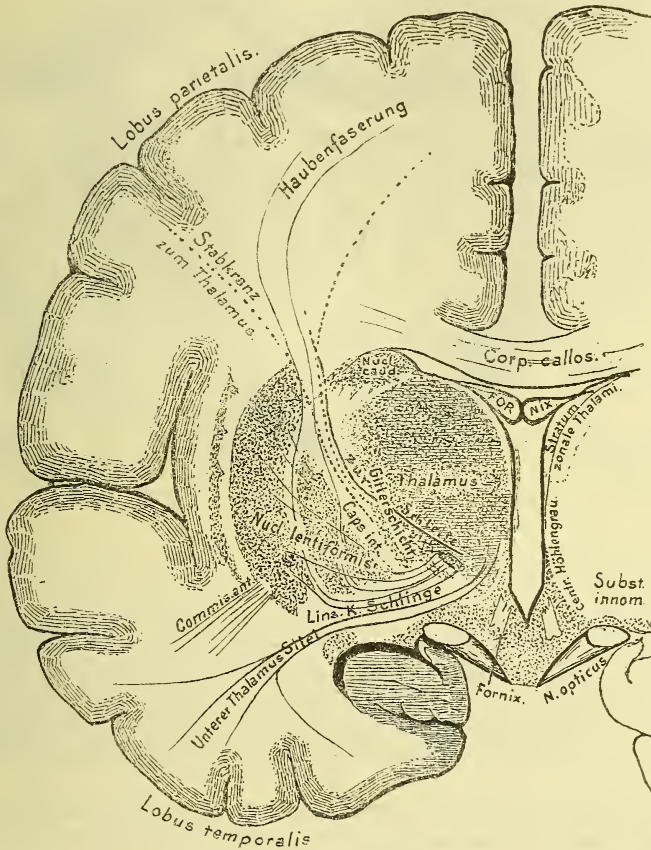


Fig. 65.
Frontalschnitt durch das Gehirn, frontal von der Schnittlinie von Fig. 61, dicht hinter dem Chiasma, schematisirt.

An der vorstehenden, sehr schematisch gehaltenen Abbildung ist die Lage des Thalamus zum Hirnboden, zum Höhlengrau, zur Capsula interna und zum Nucleus lentiformis zu studiren.

Wollen Sie an diesem Schnitt noch etwas beobachten, das bislang nur kurz Erwähnung finden konnte. Es ist die Gegend innen vom Linsenkern, ventral vom Thalamus. Dort sammeln sich mehrere ziemlich parallel

laufende Faserstränge, welche den unteren Theil der Capsula interna zum Theil im Winkel durchsetzen, zum Theil über ihn wegziehen. Die oberen dieser Fasern gehören der Linsenkernfaserung an, es ist die früher erwähnte Linsenkernschlinge, die unteren sind die Stabkranzfasern zum Thalamus, welche, aus dem Occipital- und Temporallappen kommend, als unterer Stiel des Sehhügels bezeichnet werden (*U. S.* des Schema Fig. 55). Die Gesammtheit der ventral vom Linsenkern in Fig. 64 vom Schnitt getroffenen Fasern heisst Substantia innominata. Gleich hinter der Substantia innominata treten die Fasern der Kapsel, welche

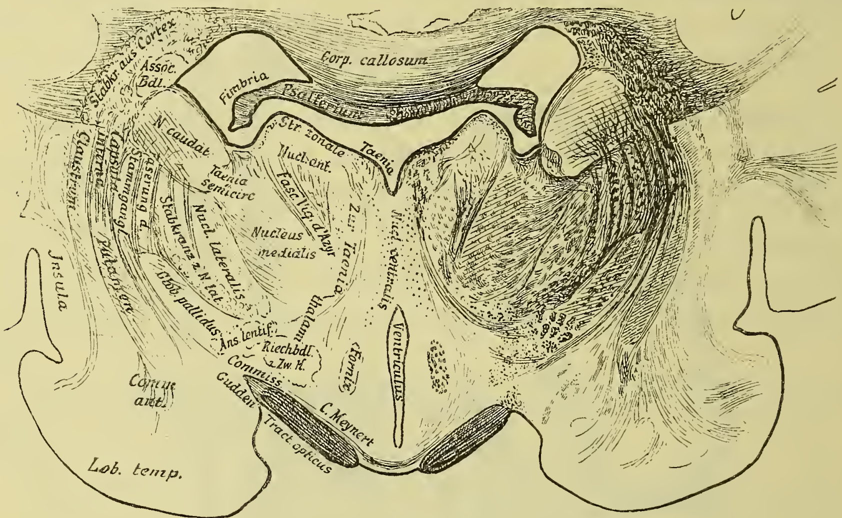


Fig. 66.

Frontalschnitt, der etwa durch das vordere Thalamusdrittel geht. Er bedarf wie die folgenden Schnitte, da alle Bezeichnungen eingeschrieben sind, nur weniger Worte zur ergänzenden Erklärung. Aus dem Mantel treten rechts oben die Fasern, lateral vom Stammganglion, herab zur Capsula interna. Sie treffen da auf die mächtige Faserung aus dem Nucleus caud., durchbrechen sie und strahlen zum Theil als Stabkranz in das laterale Thalamusganglion. Die Mehrzahl aber bleibt an der erwähnten Stelle liegen und zieht rückwärts. Dieser Theil muss von der Stammganglionfaserung umfasst werden, wenn dieselbe einwärts zu ihrer Endstätte in den Zwischenhirnganglien tritt. Zu den umfassenden Zügen gesellen sich — nahe der Basis — die Züge aus dem Putamen und bilden mit ihnen zusammen die Ansa lentiformis. Medial von dem hier bereits getroffenen Bündel der Ansa liegt die zarte Strahlung aus dem Riechfelde zum Corpus mamillare. Aus der Riechstrahlung löst sich in dieser Höhe und weiter hinten das dorsalwärts aufsteigende Bündel der Taenia thalami los. Man sieht es bis zur Thalamusoberfläche ziehen und sich dann rückwärts zum Ganglion habenulae wenden. Zum Riechapparat gehört wahrscheinlich auch das Vicq d'Azyr'sche Bündel, das sich aus der Markkapsel des hier angeschnittenen vorderen Thalamuskernes entwickelt.

zum Fuss des Hirnschenkels werden, frei an der Hirnbasis hervor. Die Substantia innominata begrenzt den Hirnschenkel am frontalen Ende. Sie gleicht einer vorn über ihn gelegten Schlinge und wird deshalb auch als Ansa peduncularis bezeichnet.

Das Schema (Fig. 65) liegt übrigens von dem wirklichen Bilde so weit ab, dass es zweckmässig ist, wenn Sie den beifolgenden Abbildungen von wirklichen Schnitten durch den Thalamus des Hundes (Fig. 66, 67) Ihre Aufmerksamkeit etwas schenken.

Sie werden durch diese Schnittabbildungen ein besseres Bild vom Aufbau des Zwischenhirnes bekommen als ich es bisher geben konnte. Sie enthalten etwas mehr Detail (Stiele der Thalamuskerne u. s. w.) als im Texte angeführt

wurde, weil sie die Möglichkeit gewähren sollen, wirkliche Schnitte eingehender zu studiren. Ich bitte diese Zeichnungen nach Schluss der 7. und 8. Vorlesung zur Repitition zu benutzen.

Die Gegend ventral von den Thalamusganglien und der Ansa peduncularis — Fig. 66 — wird von feinen Längsfasern durchzogen, welche aus dem Riechlappen stammend in gerader Linie hierher gelangen. Wir wollen sie als die Riechbündel des Zwischenhirnes bezeichnen — Fig. 42. Sie können bis in die Gegend eines Gangliencomplexes verfolgt werden, der, an der Zwischenhirnbasis gelegen, da als kleine Halbkugel an die

Fig. 67.

Hund. Frontalschnitt durch circa die Mitte der Thalamuslänge. Unter dem Balken liegen die Frontalenden beider Ammonshörner, verbunden durch das Psalterium, jederseits die mächtige Fimbria aussendend. Im Thalamus Nucleus medialis und lateralis in ihrer grössten Breite, von einander getrennt durch die quer getroffene Lamina medullaris interna, dorsal begrenzt durch die Taenia thalami, in welche Fasern aus dem Stratum zonale gelangen, durch den caudalen Theil des Nucleus anterior und das dorso-frontale Ganglion des Ganglion habenulae. Ganz lateral und dorsal der Schwanz des Nucleus caudatus und sein Associationsbündel. Aus der Capsula interna tritt der Stabkranz des Nucleus lateralis und des Nucleus anterior herein; zwischen Nucleus lateralis und Capsula entwickelt sich aus dem ersteren die Lamina medullaris externa. An der Basis des Corpus mamillare, in welches auf dieser Schnitthöhe das Vicq d'Azyr'sche Bündel aus dem Nucleus anterior und das Haubenbündel vereint eintreten. Lateral entwickelt sich der Pedunculus mamillaris, dorsal, direct unter dem Ventrikel, die Decussatio subthalamica anterior. Die Capsula interna wird an der Unterfläche als Hirnschenkelfuss frei; ihre medialsten Fasern stammen hier aus dem Vorderhirnbündel und enden im Corpus Luys. Dorsal vom Corpus Luys die Fasern des tiefen Riechmarks und, diesen dicht aufliegend, die Radiatio thal. ventr. Lateral von der Capsula interna der Linsenkern, aus dem die Schlinge sich dicht an den Fuss legt. Zwischen Schlinge und dem ventralen Theil des Ammonshornes der Nervus opticus.

Schädelbasis hervorragt. Er heisst Corpus mamillare[1]) und ist bei osmatischen Thieren sehr viel mächtiger als bei den Primaten, vergl. Fig. 39. In Fig. 61 und 67 fällt er gerade in die Schnittlinie.

Nach dem Corpus mamillare herab ziehen durch das centrale Höhlengrau die Bündel der Fornixsäule. Sie scheinen in ihm gekreuzt und ungekreuzt zu enden. Die kleine Kreuzung dorsal vom Corpus mamillare,

1) Corpus candicans.

welche, zum Theil wenigstens, Fornixfasern enthält, heisst vordere Kreuzung der Regio subthalamica. Wollen Sie auf Fig. 42 den Verlauf des Fornix vom Ammonshorne an bis herab zur eben beschriebenen Gegend verfolgen und diese Figur auch für die folgende Schilderung fortwährend zu Rathe ziehen.

Das Corpus candicans besteht, wie Gudden's Versuche zeigten, aus drei Kernen. Der lateralste sendet seinen Stiel (Pedunculus corporis mamillaris) bis weit hinab in die Oblongata; aus dem caudal liegenden der beiden medialen Kerne entspringt ein dickes Bündel, das in den Thalamus hinaufsteigt und sich in dessen Tuberculum anterius verliert. Es ist auf Fig. 61 gerade in einem Theil seines Verlaufes sichtbar geworden. Früher hat man geglaubt, es komme aus dem Thalamus und biege im Corpus candicans zum Fornix um. Doch ist das durch Versuche von Gudden widerlegt worden. Deshalb ist der ältere Name Fornix descendens nicht mehr gerechtfertigt. Nach seinem Entdecker wird es jetzt als Vicq d'Azyr'sches Bündel bezeichnet.[1]) Neben ihm steigt, aus dem frontaleren Ganglion kommend, ein Fasersträngchen nach dem Thalamus zu auf, das sich aber bald von seinem Begleiter trennt und im Winkel caudalwärts abbiegend in die Haube hinter der Vierhügelgegend gelangt, wo es bis in Ganglien, die unter dem Aquaeductus Sylvii liegen, verfolgt werden konnte. Das ist das Haubenbündel des Corpus mamillare.

Wenn Sie Fig. 58 oder Fig. 61 betrachten, so scheint es, dass der Thalamus auf der inneren Kapsel aufliegt. Weiter nach hinten hört dies Verhältniss auf. Es schieben sich zwischen ihn und die Kapsel mehrere kleine graue Ganglienmassen, in welche zahlreiche Faserzüge aus dem Nucleus lentiformis, aus der Kapsel und dem Thalamus selbst einstrahlen. Das hintere basale Zwischenhirngebiet, wo das geschieht, hat den Namen Regio subthalamica erhalten. Die Regio subthalamica ist genauer erst durch die Untersuchungen von Luys, von Forel, dann durch solche von Flechsig und von Wernicke bekannt geworden. Doch sind wir noch weit von einem Verständniss der complicirten Verhältnisse entfernt, welche auf dem kleinen Raume vorliegen, wo sich Fasern so verschiedener Provenienz treffen, verschlingen und kreuzen, wo graue Massen liegen, die zum Theil selbst wieder von einem engen Netz sich kreuzender markhaltiger Fäserchen erfüllt sind.

Fig. 68 zeigt einige Details eines Schnittes durch diese Gegend. Unter dem Thalamus ist ein rundliches Ganglion, der Nucleus ruber, der rothe Kern der Haube, nach aussen von ihm ist das fast linsenförmige Corpus subthalamicum (Luys'scher Körper) aufgetreten. Sie erinnern sich jenes als Haubenfaserung bezeichneten Stabkranzbündels. Seine Fasern gelangen aus der Capsula interna zum grossen Theil in die Gegend nach aussen und oben vom rothen Kern, wo sie, einer Kapsel ähnlich, ein Drittel dieses Ganglions umschliessen; weiter am rothen Kern hinabziehend, bilden sie später

---

1) Man vergleiche auch Fig. 54 *Cca*, wo die durch Präparation herstellbare Schlinge zwischen den beiden Fornixtheilen im Corpus candicans sichtbar ist.

einen Faserzug, welchen wir als Rindenantheil der oberen Schleife kennen lernen werden. In Fig. 68 ist dieser Verlauf zum Theil sichtbar. Im Bereich der Regio subthalamica beginnt die aus dem Stammganglion zum Zwischenhirn strömende Faserung des basalen Vorderhirnbündels sich zu erschöpfen. Ihr grösster Theil ist schon weiter vorn in die Thalamusganglien eingetreten. Auf Schnitten in dieser Höhe sieht man dann, dass noch einige Züge aus der Ansa lentiformis, aus der basalen Kante des Linsenkernes kommend, von der Seite her in die grauen Massen der Regio subthalamica einstrahlen. Dass diese als einzelne Strata dieser Schicht bezeichneten Faserbündel aus dem Stammganglion mindestens zum grossen Theil stammen, entnehme ich den Präparaten vom Hunde ohne Vorderhirn, dessen mehrfach hier gedacht wurde. Ganz lateral ventral von den Thalamusganglien wird hier auch zuerst ein geschlossenes Bündel aus dem Thalamus deutlich, das abwärts ziehend sich später mit der Haubenfaserung vereint. Dies Bündel ist der Thalamusantheil der oberen Schleife. S. auch Fig. 69 und 70.

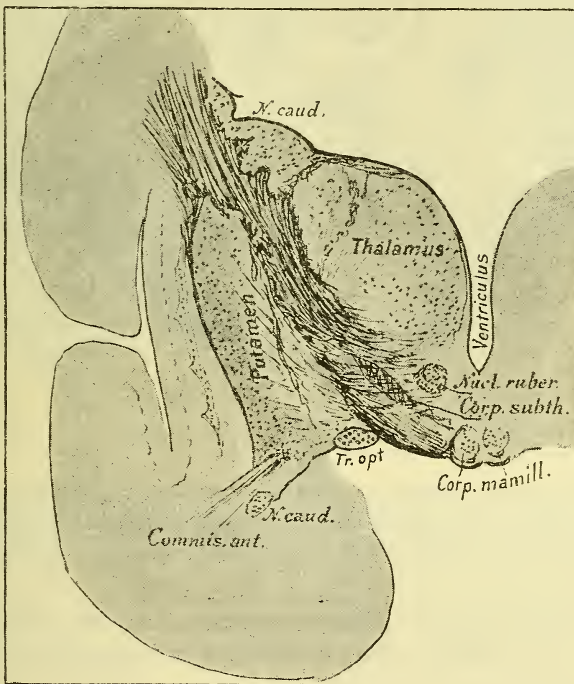


Fig. 68.
Regio subthalamica vom 4 Wochen alten Kinde. Frontalschnitt. Man vergl. Fig. 58, wo nur erst die Haubenbahn deutlich ist.

In den rothen Kern treten Fasern aus dem Thalamus opticus. Nach hinten von dem vorgelegten Schnitt, Fig. 68, wird er viel dicker, nimmt viel mehr vom Raum des Querschnittsbildes ein. Hinter und unter dem Corpus subthalamicum liegt dicht über der hier schon zum Fuss gewordenen Faserung der Capsula interna eine Anhäufung grau pigmentirter Zellen, die Substantia nigra, ganz an derselben Stelle, wo in Fig. 68 noch Corpus subthalamicum angegeben ist. Von der Regio subthalamica an bis hinab zum Ende des Mittel-

hirns ist dies dunkel rauchgrau gefärbte Ganglion immer über dem Fuss nachweisbar.

In der Substantia nigra endet, als Stratum intermedium pedunculi bezeichnet, der letzte Rest der Faserung aus dem Stammganglion.

Durch die Substantia nigra wird die Faserung, welche aus dem Vorder- und Zwischenhirn nach abwärts zieht, in zwei, ihrer physiologischen Bedeutung nach verschiedene Partien getheilt, den Fuss und die Haube. Den ersteren haben wir im Eingang dieser Vorlesung bereits näher betrachtet, und auch später werden wir öfter auf ihn zurückkommen müssen,

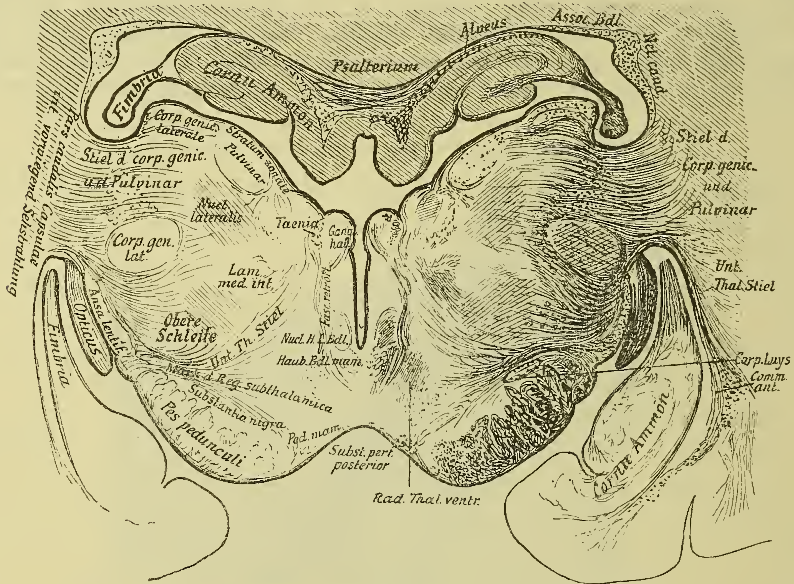


Fig. 69.

Hund. Frontalschnitt durch das Zwischenhirn in der Gegend des caudalen Thalamusdrittels. Erklärung des grössten Theils der Figur s. Fig. 67. Auf diesem Schnitte im Vergleich zu dem der Fig. 67 zu beachten das Ganglion habenulae, in dem die Taenia verschwindet, der untere Thalamusstiel, die Einstrahlung der Ansa lentiformis in das Mark der Regio subthalamica, das Corpus Luys und das Absondern der oberen Schleife aus den Markmassen lateral und ventral vom Thalamus. Medial vom Corpus geniculatum lat. tritt das Pulvinar auf.

die letztere enthält im hinteren Thalamusgebiet, von dem wir jetzt sprechen, das Pulvinar, den Nucleus ruber, das Corpus subthalamicum, die Faserung aus dem Linsenkern und die Haubenstrahlung, soweit sie nicht schon in der Linsenkernfaserung enthalten ist.

Wir sind jetzt bei der Betrachtung der Querschnittbilder in der Gegend angekommen, wo das caudale Ende des mittleren Ventrikels liegt. Sie sehen in Fig. 27, dass dicht hinter diesem das Mittelhirn, die Corpora quadrigemina, beginnen. Die Thalami weichen dort aus einander, zwischen ihnen nimmt das centrale Höhlengrau etwas zu und der Ventrikel dadurch an Tiefe beträchtlich ab.

Hinter dieser Stelle wird auf einmal wieder das Dach der Hirnblasen, das im Bereich des Thalamus fast nur aus der Epitheldecke des Plexus choroides bestand, deutlich.

Im vordersten Theil dieses Daches liegen die Fasern der Commissura posterior, dicht hinter derselben die Vierhügel. Der verengte Ventrikel, welcher jetzt unter dem Dach einherzieht, hat auf der Strecke, wo er dem Mittelhirn angehört, den Namen Aquaeductus Sylvii erhalten. Der Eingang zum Aquaeductus liegt dicht unter der Commissura posterior. Er ist überall von centralem Höhlengrau umgeben. Ueber dem Hinterhirn erweitert sich der Kanal wieder, dort heisst er Ventriculus quartus. Sein Boden wird von der Rautengrube, sein Dach vom Kleinhirn gebildet.

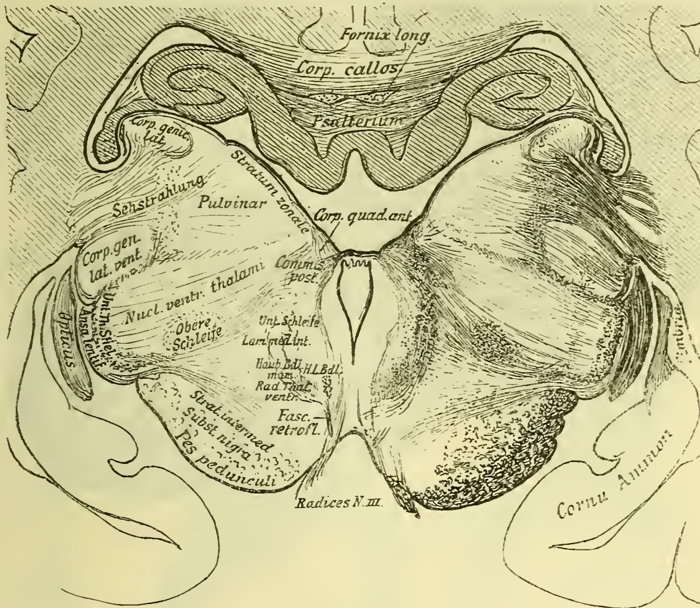


Fig. 70.

Schnitt etwa 1 Mm. caudal von dem in Fig. 69 abgebildeten. Durchquert die frontalsten Fasern der Commissura post. Stratum zonale-Fasern aus dem vorderen Vierhügel in den Opticus. Pulvinar grösser, Nucleus ventralis thalami. Obere Schleife rückt medialwärts, faserreicher als auf Fig. 69. Aus dem Ganglion habenulae hat sich der Fasciculus retroflexus abgelöst. Frontalste Fasern der unteren Schleife, aus einem im Texte nicht erwähnten grauen Kern, der direct in das mittlere Mark der Vierhügel übergeht. Frontalste Oculomotoriusfasern. Hinteres Längsbündel, das auf dem vorhergehenden Schnitt mit wenigen Fasern aus seinem Kern entsprang, nun stärker. Die laterale, mit Sehstrahlung bezeichnete Faserung ist der Stiel des vorderen Hügels und der Stiel des Corpus geniculatum laterale. Der grosse als Nucleus ventralis thalami bezeichnete Kern geht caudal ohne scharfe Grenze in das Corpus geniculatum mediale über. Man beachte auch die Decussation zwischen den Ammonshörnern und die Lage des Fornix longus. — Im Fusse des Hirnschenkels das Stratum intermedium aus der Einstrahlung der Stammganglionfaserung in die Regio subthalamica.

Wollen Sie an Fig. 71, einem Sagittalschnitt durch das Gehirn, das Auftreten des Mittelhirndaches, der vorstehenden Schilderung folgend, studiren.

Noch sei kurz der Glandula pinealis (Zirbel), Epiphysis, gedacht, die mit ihren an der Innenfläche des Thalamus verlaufenden Stielen ein Stück des Zwischenhirndaches darstellt (s. Fig. 27 u. 42). Sie besteht wesentlich aus soliden Epithelschläuchen, die durch Wucherung der primären Ausstülpung entstanden sind.

Bis zu der Zirbel scheinen Fasern aus den Zügen der Taenia Thalami zu gelangen. Die Taenia erhebt sich vorn neben dem Fornix aus der Tiefe des

Riechfeldes und endet, am medialen Thalamusrand entlang ziehend, zum grössten Theil in dem dicht vor der Epiphyse (s. Fig. 27) gelegenen Ganglion habenulae. Man hat den caudalen Abschnitt der Taeniabündel auch als Pedunculi conarii bezeichnet. Zwischen beiden Pedunculi conarii verläuft die zarte Commissura thalami dorsalis, C. habenularis, wahrscheinlich ein Kreuzungszug aus den Gangliis habenulae. Fig. 42 sehr deutlich im Querschnitt. Dort ist auch zu sehen, wie der beim Menschen fast massive Zirbelkörper noch beim Kaninchen als Ausstülpung des Vorderhirndaches erscheint und in den Plexus choroides übergeht.

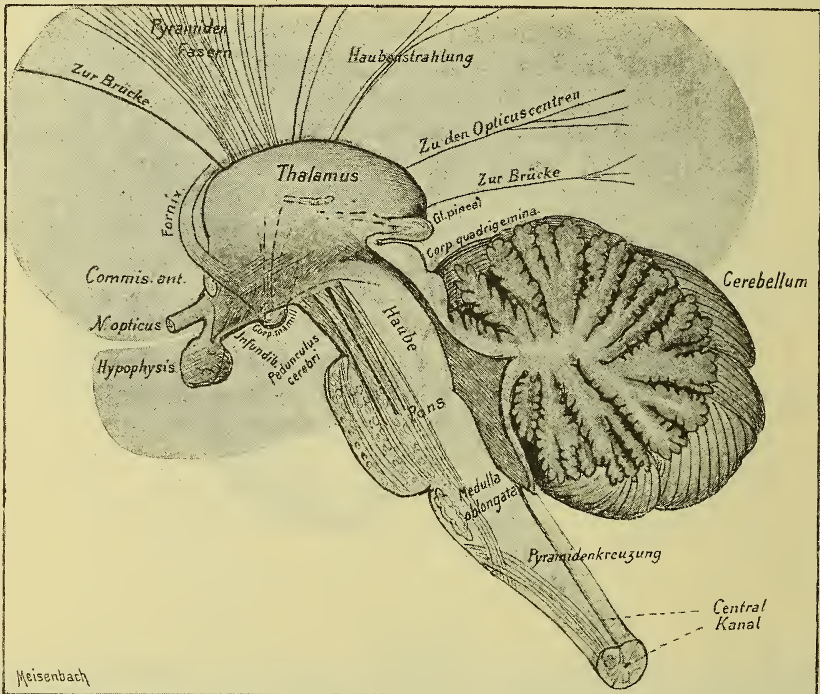


Fig. 71.

Sagittalschnitt durch das Zwischenhirn und die hinter ihm liegenden Gebilde, genau in der Mittellinie. Die Verlaufsrichtung einer Anzahl Stabkranzfasern ist durch Linien angedeutet.

Wie der ganze übrige Riechapparat, ist beim Menschen auch die Taenia thalami und das Ganglion habenulae atrophisch. In die Taenia treten auch aus dem Stratum zonale thalami anscheinend Fasern. Es ist aber fraglich, ob sie in ihr bis zum Ganglion habenulae laufen oder es früher schon verlassen.

Ich möchte Sie noch einmal an das erinnern, was in der zweiten Vorlesung über die Bedeutung der Zirbel bei den Reptilien gesagt wurde.

Die Zirbel enthält ausser den Schläuchen und reichlichen Gefässen noch den Hirnsand, kleine Concremente von geschichtetem Bau, die wesentlich aus Kalksalzen und geringer organischer Grundlage bestehen.

Ueber die Lage der Glandula pinealis am hinteren Thalamusende, zwischen den Vierhügeln, orientirt Sie Fig. 71.

Wir haben bislang noch keine Gelegenheit genommen, die Hirnbasis eingehender zu betrachten. Jetzt, wo uns die Herkunft mehrerer dort liegender Gebilde bekannt ist, mag es an der Zeit sein, ein Gehirn, mit der Basis nach oben gekehrt, sauber von der Pia und den Gefässen zu befreien und das Präparat zu studiren.

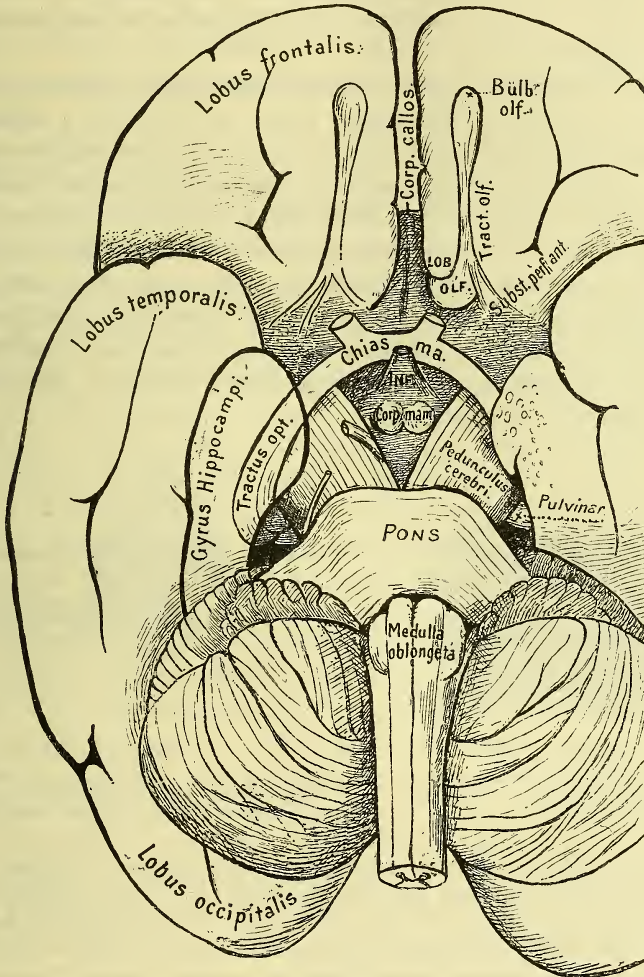


Fig. 72.

Die Basis des Gehirns; der linke Lobus temporalis z. Th. durchsichtig gedacht, um den ganzen Verlauf des Tractus opticus erkennen zu lassen.

Die vorstehende Abbildung kann dabei als Wegweiser dienen. Zunächst sehen Sie aus der Masse des Grosshirns die Hirnschenkel hervortreten. Dicht vor ihnen, in dem Raume, der hier zum grössten Theil vom Sehnerv verdeckt ist, liegt die Substantia innominata, welche die Linsenkernschlinge und den unteren Thalamusstiel enthält. Früher demonstrirte Frontalschnitte haben Sie belehrt, dass die weisse, hier sichtbare Masse,

der Fuss, die directe Fortsetzung von Fasern der inneren Kapsel ist. Nach kurzem Verlaufe wird der Hirnschenkel bedeckt von dicken Fasermassen, welche quer über ihn hin von einer Kleinhirnhälfte zur anderen zu ziehen scheinen. Diese werden als Brückenfasern, Fibrae pontis, bezeichnet. Jenseit der Brücke tritt ein Theil der im Hirnschenkelfuss enthaltenen Fasern als Pyramiden wieder zu Tage, ein anderer Theil hat in Ganglien, welche zwischen die Brückenfasern eingesprengt sind, sein Ende gefunden.

Die graue Substanz zwischen den Hirnschenkeln heisst Substantia perforata posterior. Sie grenzt innen an die Regio subthalamica. Vor ihr liegen die Corpora mamillaria, jene beiden rundlichen Ganglien, welche wir vorhin auf dem Querschnitt kennen lernten, dieselben, zu denen das Vicq d'Azyr'sche Bündel aus dem Thalamus gelangt, dieselben, aus denen der aufsteigende Fornix zu entspringen scheint.

Vor den Corpora mamillaria wölbt sich der Boden des mittleren Ventrikels, welcher hier als Tuber cinereum bezeichnet wird, nach unten vor, so dass ein Trichter entsteht, dessen Lumen nur die Fortsetzung des Ventrikels ist. Unten am spitzen Ende dieses Trichters, des Infundibulum, hängt die Hypophysis.

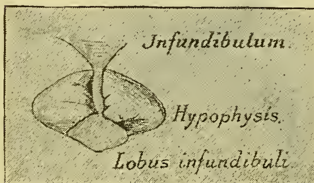


Fig. 73.
Die Hypophysis (nach Schwalbe) von hinten gesehen.

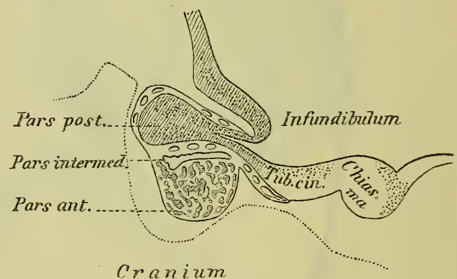


Fig. 74.
Sagittalschnitt durch den Hirnboden und die Hypophysis vom viermonatlichen menschlichen Embryo. Combinirt aus drei auf einander folgenden Schnitten.

Die Hypophysis, ein etwa kirschgrosser Anhang der Hirnbasis, besteht zunächst aus der Fortsetzung des Ventrikelbodens, Lobus infundibuli, Lobus posterior, welche nicht sicher nervöser Natur ist. Vor diesem liegt der Vorderlappen, ein aus Epithelschläuchen gebildeter Knäuel, welcher fest mit dem Lobus infundibuli verwachsen ist und, wie Sie wissen, aus der Rachenschleimhaut stammt. Neuere Untersuchungen (Flesch, Dostojewsky) liessen in ihm zweierlei Zellen, kleinere helle und grössere körnig trübe, erkennen. Da bekanntlich ganz ähnliche Elemente in mehreren sehr activen Drüsen vorkommen, so wird es wahrscheinlich, dass auch die Hypophysis noch irgend eine physiologische Function erfüllt. Eben darauf weist auch die in mehreren Fällen von Myxödem bisher nachgewiesene Grössenzunahme des epithelialen Theiles hin. Zwischen dem pharyngealen und dem cerebralen Hypophysislappen findet man noch eine Anzahl weiterer epithelbedeckter Schläuche, deren Hohlraum, soweit ich bisher sehen kann, weder mit dem einen, noch anderen Hypophysistheil zusammenhängt. Der beistehende Sagittalschnitt durch die Hypophysis einer 4 Monate alten menschlichen Frucht zeigt sehr deutlich alle

drei Hypophysistheile. Sehr interessant und lehrreich für die morphologische Auffassung des Hirnanhanges sind vergleichend anatomische Studien.

In weitem Bogen um das Infundibulum und über die Hirnschenkel weg ziehen in der Richtung nach dem Pulvinar des Thalamus die Tractus optici. Beiderseits, durch den Lobus temporalis verdeckt, krümmen sie sich um den Ursprung der Hirnschenkel nach oben aussen zum Corpus geniculatum laterale und dem Pulvinar hinauf.

Vorn vor dem Infundibulum vereinigen sie sich zu dem Chiasma, aus dem nach Kreuzung eines Theiles ihrer Bündel die Nervi optici hervorgehen.

Vor den Tractus, nach aussen vom Chiasma, liegt dicht unter dem vorderen Theil des Corpus striatum die Substantia perforata anterior, eine graue, von zahlreichen Piagefässen durchbrochene Masse. Vor ihr beginnt das Gebiet des Lobus olfactorius.

Die Substantia perf. ant. ist nichts anderes als das beim Menschen sehr atrophisch gewordene Riechfeld. Mit dem ganzen Riechapparat ist bei den Primaten auch der Lobus olfactorius atrophirt. Von ihm hat sich beim Menschen nur der caudalste Theil noch, Tuber olf., Lobulus olf., Fig. 72, mit Rindenstructur erhalten, der vordere ist zu einem unscheinbaren grauen Strang, dem Tractus olfactorius, geschwunden, dem vorne der kleine Bulbus olf. aufsitzt. Aus dem Bulbus entspringen aber, gerade wie bei den Thieren, noch immer die mächtigen Faserzüge der tangentialen Riechstrahlung. Indem sie rückwärts zur Rinde des Lobulus olfactorius und der Gegend der Ammonswindung ziehen, müssen sie über den Tractus hinweg, dem sie an der Unterfläche eine weisse Farbe verleihen. Am Riechfeld — hier also Substantia perforata ant. — angelangt, spalten sich aber, ganz wie bei den osmatischen Thieren, die hier allerdings wesentlich dünneren Züge auf und ziehen als weisse Stränge — früher Olfactoriuswurzeln genannt — über die graue Substanz weg. Man kann gewöhnlich einen lateralen Zug, oft in zwei gespalten, von einem medialen trennen. Der erstere geht zum Ueberzug des Gyrus hippocampi und senkt sich da allmählich in die Tiefe, der andere wendet sich dorsalwärts und gelangt vielleicht in das Septum pellucidum. Jedenfalls zieht er am Innenrand der Hemisphäre über den hierher herab sich senkenden Balkenfasern in die Höhe. Zuweilen sieht man ein dünnes helles Querband über die Substantia perf. ant. hinweg von aussen nach innen oben ziehen. Es ist nichts anderes als der atrophische Rest des Riechbündels zum Ammonshorn, das bei den osmatischen Thieren hier so schön zu sehen ist. Wollen Sie, ehe Sie die Betrachtung der Hirnbasis aufgeben, noch einmal die Figur 39 aufschlagen, weil hier am osmatischen Gehirne so viele Verhältnisse klarer und kräftiger ausgebildet sich zeigen. Namentlich der Riechapparat wird Ihnen dann klarer werden.

Am medialen Rande der Substantia perf. ant. senkt sich die Balkenfaserung bis an die Hirnbasis herunter. Die Erhebung, die sie hier an der Innenrinde der Hemisphäre bis nahe an die Basis macht, wird als

Gyrus subcallosus bezeichnet. Zwischen beiden Gyri subcallosi liegt eine graue Platte, die nach oben bis an das Balkenknie verfolgt werden kann. Es ist die Lamina terminalis. In ihr müssen wir noch einen Rest der embryonalen Schlussplatte erkennen, jener Wand, welche einst das primäre Vorderhirn abschloss, derselben, aus der die jetzt so mächtigen Hemisphären sich vorgewölbt haben. Jetzt ist sie nur noch eine kleine graue, wenig gewürdigte Stelle, die am vordersten Punkte der Grosshirnbasis liegt.

Die Sehhügel liegen so nahe überall der inneren Kapsel auf, dass nur selten Erkrankungen zur Beobachtung kommen, welche nur die Thalami betreffen, und auch bei solchen bleibt es oft zweifelhaft, wie viel von den auftretenden Erscheinungen darauf zu beziehen ist, dass indirect die benachbarten Fasern der Kapsel in ihren Functionen gestört wurden. Deshalb ist es noch nicht möglich gewesen, die Symptome sicher festzustellen, welche von einer Sehhügelerkrankung erzeugt werden. Nach Meynert werden dabei die Innervationsgefühle der oberen Extremitäten gestört. Dadurch sollen Wahnideen über die Haltung dieser Glieder und aus diesen wieder Zwangsstellungen entstehen. Motorische Lähmung wird wahrscheinlich nicht durch Sehhügelzerstörung erzeugt, ebensowenig sensible. Sehstörungen in Form der homonymen lateralen Hemianopie, vielleicht auch der gekreuzten Amblyopie, wurden wiederholt beobachtet. Ebenso wurden bei Sehhügelerkrankungen nicht so ganz selten die Symptome der Hemichorea, der Athetose, des halbseitigen Zitterns gesehen. Diese sind auch schon bei Herden an anderen Stellen des Gehirns beobachtet worden, doch kam gewöhnlich mit dem Thalamus zusammenhängende Faserung in Betracht.

Die gleiche Schwierigkeit liegt vor, wenn es gilt, die Symptome bei Erkrankung des Corpus striatum festzustellen. Was bislang als solche beschrieben wurde (Hemiplegie z. B.), kann ebensowohl durch Mitbetheiligung der nahen Capsula interna entstanden sein. Es ist ein Fall von Zerstörung beider Putamina bekannt, der ohne ein darauf zu deutendes Symptom verlief.

Wenn eine Affection lediglich die Hirnbasis vor dem Pons betrifft, werden die Symptome, welche durch Reizung oder Lähmung der dort liegenden Nerven erzeugt werden, die zur Diagnose weitaus wichtigsten sein. Dazu können sich noch, wenn die Hirnschenkel mit betroffen werden, Motilitäts- und Sensibilitätsstörungen in den Extremitäten einstellen; eine genaue Analyse der Symptome an Hand einer Abbildung der Hirnbasis führt oft zu recht scharfer Local-Diagnose.

Achte Vorlesung.

Die Regio subthalamica, die Vierhügelgegend und der Opticusursprung.

M. H.! Wir haben in der letzten Vorlesung die Verfolgung der Hirnfasern nach abwärts für kurze Zeit unterbrochen, um die Gebilde der Gehirnbasis etwas näher kennen zu lernen. Lassen Sie uns aber da wieder anknüpfen, wo wir abbrachen.

Wir hatten Folgendes constatirt: Der grösste Theil der Fasern, welche die weisse Markmasse des Hirnmantels bilden, ist nicht mehr in den caudalen Ebenen des Zwischenhirns vorhanden. Er ist entweder — Associationsbahnen — in der Rinde selbst verschwunden, oder — Stabkranz des Thalamus — in den Thalamusganglien. Ein Theil des Stabkranzes ist dann unter dem Zwischenhirn vortretend frei an die Hirnbasis gelangt, der Fuss des Hirnschenkels. Ein anderer Theil, die Haubenfaserung, liegt als Rindenantheil der oberen Schleife dorsal vom Hirnschenkel in der Haube. Auch die Faserung aus dem Stammganglion hat sich fast völlig erschöpft. Nur noch ein Zug zur Substantia nigra Sömmeringi ist nachweisbar.

Aus dem Zwischenhirn sind in die Ebene des zuletzt betrachteten Schnittes ein Theil der Laminae medullares thalami und besonders ein lateraler Zug, der Thalamusantheil der oberen Schleife, verfolgbar. Ausserdem noch einige kleinere Bündelchen, die dem Corpus mamillare und dem Ganglion habenulae entstammen.

Wir gelangen in das Bereich des Mittelhirns. Zu diesem gehört (entwicklungsgeschichtlich) bereits jener starke weisse Faserzug, der an der Stelle, wo der Ventrikel sich zum Aquaeductus Sylvii verengt, über den letzteren wegzieht, die Commissura posterior (Fig. 27). Bei niederen Wirbelthieren ist es leichter als bei Säugern nachzuweisen, dass ein Theil ihrer Fasern aus einem in der Tiefe des Zwischenhirns beiderseits nahe der Mittellinie liegenden Ganglion entspringt. Aber auch für die Säuger nimmt Meynert an, dass die Bündel sich mitten aus den Thalamuskernen heraus entwickeln. Dann gelangen sie dorsalwärts ziehend an die Oberfläche und wenden sich vor den Vierhügeln zur gekreuzten Seite. Sie ziehen da aber nur eine ganz kurze Strecke horizontal dahin, tauchen vielmehr bald in die Tiefe der Mittelhirnhaube ein, in der sie dann caudalwärts weiter streichen. Die Mehrzahl der betreffenden Fasern zieht, wie ich bei niederen Wirbelthieren besonders deutlich sehe, lateral und ventral vom hinteren Längsbündel in die Oblongata; erst durch sie wird jenes Bündel, das wir später kennen lernen werden, zu einem starken. Aehnliches haben Spitzka und Darkschewitsch bei Säugern gesehen. Bei allen Wirbelthieren ist die hintere Commissur eines der ersten Bündel, die sich mit Mark umgeben. Ihr Zug ist von dem einfachen Gehirn der Cyclostomen bis hinauf zum Menschen immer nachweisbar.

Unter dem Aquaeductus ziehen nun die Gebilde der Haube und die Fasern des Fusses weiter nach hinten. Ueber ihnen liegt, was aus dem Dach des Mittelhirns hervorging, die Corpora quadrigemina. Die folgende Abbildung zeigt die Vierhügel von oben gesehen. Sie liegen auf den Hirnschenkeln etwas zwischen die Thalami hineingeschoben. Hinter ihnen kommt jederseits ein starker Faserzug aus der Tiefe, der sich in das Kleinhirn einsenkt. Es ist der Bindearm oder vordere Kleinhirnschenkel. Er entspringt aus einem grossen Kern, der unter dem Thalamus und den Vierhügeln in der Haube liegt, dem Nucleus ruber tegmenti. Hinter den Vierhügeln tritt er aus der Haube heraus an die Oberfläche.

Man unterscheidet die vorderen von den hinteren Vierhügeln; doch nur bei vielen Säugern ist diese Unterscheidung dem blossen Auge leicht, bei allen anderen Vertebraten sind die vorderen so mächtig, dass die hinteren als kleines Ganglion in der Tiefe unter ihnen verschwinden (vgl. 2. Vorlesung Fig. 19—25). Aus den vorderen Vierhügeln entspringt ein Theil der Sehnerven. Sie erhalten, wie der Thalamus, Fasern aus dem Gebiet des Hinterhauptlappens, welche in der Sehstrahlung zur inneren Kapsel verlaufen und von da als vorderer Vierhügelarm zu ihnen aufsteigen. In eben diesem Arm verlaufen nach abwärts Fasern zum Tractus selbst.

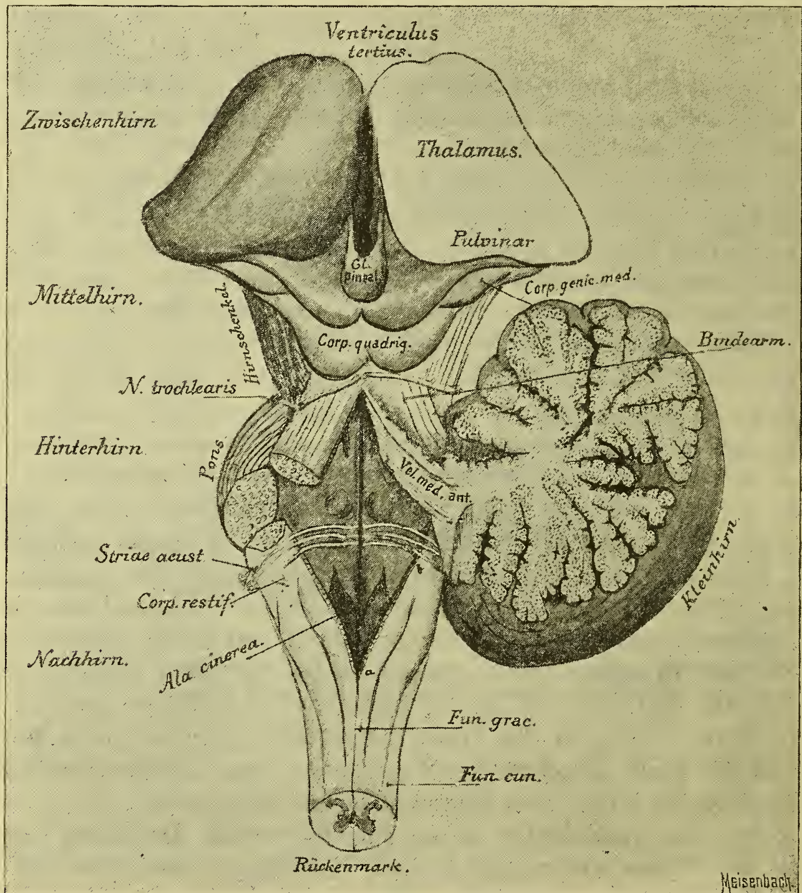


Fig. 75.
Die Gehirntheile vom Thalamus bis zum Rückenmark (der „Hirnstamm"). Das Cerebellum gespalten und links abgetragen.

Der vordere Vierhügelarm, welcher also aus Fasern von der Rinde und aus solchen zum Tractus zusammengesetzt ist, tritt nur mit den Gehirnfasern in den Vierhügel ein, seine Sehnervenfasern überziehen dessen graue Oberfläche als Stratum zonale und senken sich dort in die Tiefe.

Der hintere Vierhügel scheint zwar auch zunächst mit dem Tractus opticus in Verbindung zu stehen, es ist aber sehr unwahrscheinlich, dass er Fasern enthält, die beim Sehacte benutzt werden. Sein Arm stammt aus dem Corpus geniculatum mediale und aus der bisher noch nicht erwähnten Commissura inferior (Gudden'sche Commissur), welche mit dem Tractus opticus zum hinteren Winkel des Chiasma gelangt (s. Fig. 82).

Vielleicht enthält er auch Fasern aus dem Lobus temporalis. Die ausserordentliche Entwicklung des hinteren Hügels bei Walthieren und die mächtigen Züge, welche bei diesen Thieren von dort zum gekreuzten Acusticuskern ziehen, machen es wahrscheinlich (Spitzka), dass dies Ganglion in irgend einer Beziehung zum Hörnerven steht. Die Resultate darauf gerichteter experimenteller Untersuchungen stehen damit in Einklang. Der hintere Vierhügel soll nach Zerstörung des Acusticus etwas atrophisch werden (Baginski), doch scheint hier noch weitere Untersuchung nöthig.

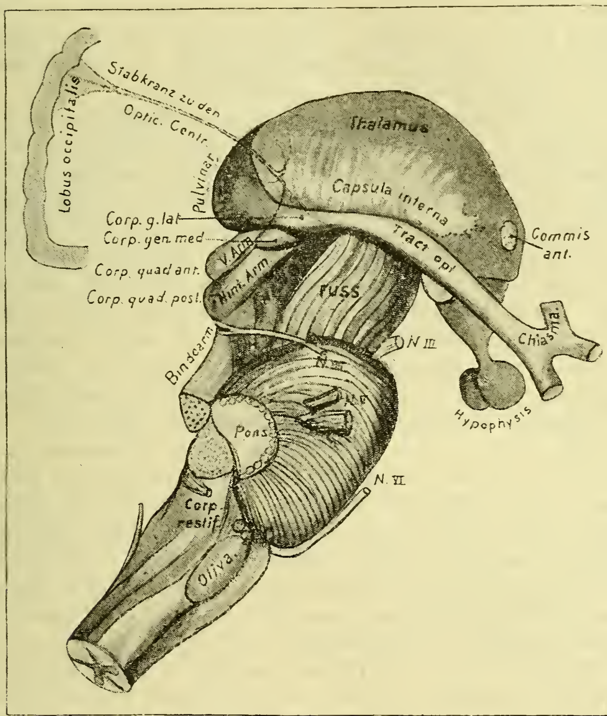


Fig. 76.

Thalamus und Corpora quadrigemina von der Seite gesehen. Das Vorderhirn da abgetrennt, wo seine Stabkranzfasern in die Capsula interna treten. Schematisch ist das Verhalten der Sehstrahlung zum hinteren Theil der Kapsel und zu den Ursprungsstellen des Opticus angedeutet.

Von der Seite her ist die Lage der Vierhügelarme zu den Ganglien und zum Tractus opticus ganz deutlich, ebenso die Lage der Corpora geniculata, des C. g. mediale, das dem hinteren Arm eng anliegt, und C. g. laterale, welches zwischen Pulvinar und Tractus opticus einge-

schaltet zu sein scheint, und dessen schon bei Besprechung des Thalamus gedacht wurde.

Aus dem letzteren Ganglion bekommt der Tractus opticus Fasern, ausserdem solche aus dem Pulvinar thalami und von dessen Stratum zonale. Die Opticusfasern aus den vorderen Vierhügeln wurden vorhin erwähnt. Sie verlaufen wohl zum grössten Theil im Arm des vorderen Hügels. Ausserdem bezieht der Nerv Wurzelfasern aus der Gegend des Corpus subthalamicum und aus der grauen Substanz in der Gegend des Infundibulum (basale Opticuswurzel). Vergl. Fig. 82.

Bei den niederen Wirbelthieren entspringt der Sehnerv zum grössten Theile aus den vorderen Vierhügeln, die anderen Ursprungsorte treten dagegen sehr zurück. Je mehr sich aber die occipitale Hirnrinde ausbildet, welche ihre Faserung wesentlich in die anderen Endstätten sendet und den Vierhügel nur mit einem relativ geringen Zuzug versieht, um so mehr Sehnervenfasern entspringen aus jenen und um so weniger aus den Vierhügeln. Das geht noch in der Säugethierreihe so fort. Der noch beim Kaninchen sehr mächtige Antheil des Opticus aus dem vorderen Hügel ist beim Menschen ganz bedeutend atrophirt. Umgekehrt stammt bei dem Menschen die Hauptmasse des Sehnerven aus dem Corpus geniculatum laterale.

Man kann das so ausdrücken: Thiere, die auf das Sehen mit den primären Endstätten allein oder fast allein angewiesen sind, haben vorwiegende Ausbildung des Vierhügelastes des Sehnerven. Sobald aber das Rindensehen sich mehr entwickelt, treten die zur Rinde in engerer Beziehung stehenden Endstätten — Pulvinar, Corpus geniculatum laterale — in den Vordergrund und verringert sich relativ die Vierhügelportion des Opticus.

So stellt sich der Sehnervenursprung am Präparat vom erwachsenen Menschen dar. Nach J. Stilling kommt dazu noch eine im Hirnschenkelfuss aus der Oblongata aufsteigende Wurzel. Es sind nun aber alle diese Fasern und Kerne beim Menschen so schwierig richtig zu deuten, dass wir uns fragen müssen, wie weit die betreffenden Befunde durch Untersuchungen an anderen Objecten gestützt werden. Zunächst bietet die vergleichende Anatomie in dem Mittelhirn der Fische und Vögel Opticuscentren von solcher Mächtigkeit, dass dort die Verhältnisse viel leichter als bei Säugern studirt werden können. Bei diesen Thieren, aber auch bei den Reptilien und Amphibien, erkennt man leicht, dass der Sehnerv in seiner Hauptmasse sicher aus dem vorderen Vierhügel stammt, dass er auf seinem Laufe über das Corpus geniculatum laterale hinweg aus diesem Fasern bekommt, und dass ihm schliesslich noch aus der Gegend hinter dem Infundibulum eine basale Wurzel zuwächst. Experimentelle Untersuchungen (Gudden, Ganser, Monakow) an Säugern ergeben, dass nach früher Ausrottung eines Auges der vordere Vierhügel, gewisse Schichten des Corpus geniculatum laterale und Fasern aus dem Pulvinar entarten. Das Pulvinar ist übrigens bei den meisten Säugern sehr klein und erreicht erst bei den Primaten einige Grösse.

Schon aus dem Vorstehenden erhellt, dass mannigfache Untersuchungsmethoden angewendet worden sind, um den Verlauf und das Ende der Sehnervenfaserung zu ermitteln. Ich habe Ihnen das absichtlich etwas genauer mitgetheilt, weil die Geschichte unserer Kenntnisse hier lehrt, wie viel durch Anwendung vieler Methoden auf ein Object zu gewinnen ist, dann aber auch, weil ich noch über neue Fortschritte zu berichten habe, die, der zielbewussten Anwendung der Degenerationsmethode entstammend und durch die Ergebnisse der Entwicklungsgeschichte gestützt, über die Zusammensetzung und die histologische Endigungsweise des Opticus sehr Wichtiges lehren. Sie wissen, dass

nur solche Fasern entarten, welche von ihrer Ursprungszelle getrennt sind. Je nachdem man den Sehnerv an seinem Augenende zerstört oder in seinen Endpunkten schädigt, erhält man ganz verschiedene Degenerationsbilder.

Das Studium solcher variirter Präparate hat nun Monakow zu dem Schlusse gelangen lassen, dass die Mehrzahl der Sehnervenfasern gar nicht aus Zellen des Gehirns, sondern aus den grossen Ganglienzellen der Retina stammen muss. Die dort entspringenden Axencylinder ziehen im Opticus rückwärts und enden beim Menschen zumeist im Corpus geniculatum laterale und im Pulvinar wahrscheinlich in pinselförmiger Aufsplitterung um die dort gelegenen Zellen herum. Die weissen Linien, welche das Grau des äusseren Kniehöckers durchziehen, bestehen zum Theil aus solchen Fasern, die direct aus der Retina kommen. In der That haben P. und S. Ramon y Cajal bei Wirbelthieren aller Klassen im Mittelhirndache und im Corpus geniculatum laterale solche pinselförmig um Zellen herum endende Opticusfasern nachweisen können.

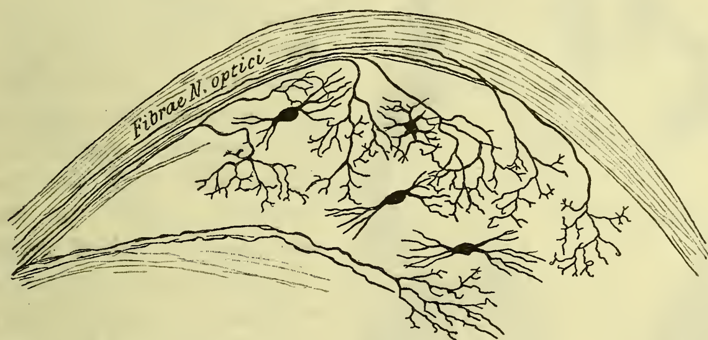


Fig. 77.
Schnitt durch das Corpus genic. lat. der Katze. Versilberung. Einstrahlen der Opticusfasern und Auflösen derselben in Pinsel. Nach P. Ramon y Cajal.

Es giebt aber im Opticus auch Fasern, die aus dem Gehirn entspringen. Aus den Zellen, welche in der oberflächlichen grauen Schicht des vorderen Vierhügels liegen, entspringen beim Kaninchen und der Katze sicher, beim Menschen sehr wahrscheinlich Opticusfasern, die sich dann nach der Retina begeben und dort, wahrscheinlich in einer Aufzweigung um die Zellen der Körnerschicht herum enden. Der Sehnerv enthält also Fasern, die aus der Retina, und solche, die aus den primären optischen Centren stammen. Entwicklungsgeschichtliche Studien von Keibel und His haben gelehrt, dass ein Theil der Opticusfasern aus den grossen Zellen der Retina hirnwärts auswächst.

Während die behaupteten Opticuswurzeln aus der Hirnbasis, dem Corpus subthalamicum und aus dem Hirnschenkel einstweilen noch nicht so wie nöthig durch verschiedene Untersuchungsmethoden bestätigt sind, können wir heute als gesichert wohl ansehen, dass Sehnervenfasern entspringen und enden: im Corpus geniculatum laterale, im oberflächlichen Marke des vorderen Vierhügels und in den äussersten Schichten des Pulvinar. Diese letztgenannten grauen Massen bezeichnet man als primäre Opticuscentren.

Für diese Centren ist in befriedigend sicherer Weise ein Zusammenhang mit der Rinde des Occipitallappens nachgewiesen. Die betreffenden

Fasern bilden die Sehstrahlung, Gratiolet's Bündel, einen nicht unbeträchtlichen Faserzug, der sich aus den primären Centren in gesonderten Bündeln entwickelt und von da rückwärts zieht, um sich in der Rinde des Cuneus und der Gegend etwa der zweiten und dritten Occipitalwindung zu verlieren.

An der folgenden Figur, einem Sagittalschnitt durch das caudale Drittel des Vorderhirns, erkennen Sie die Sehstrahlung, die lateral vom Hinterhorn dahinzieht. In ihr liegen die Fasern aus dem Pulvinar dorsal bei *a*, die aus dem Corpus geniculatum laterale ventral bei *b*. In Fig. 56 ist die gleiche Faserung in ihrem horizontalen Verlaufe sichtbar.

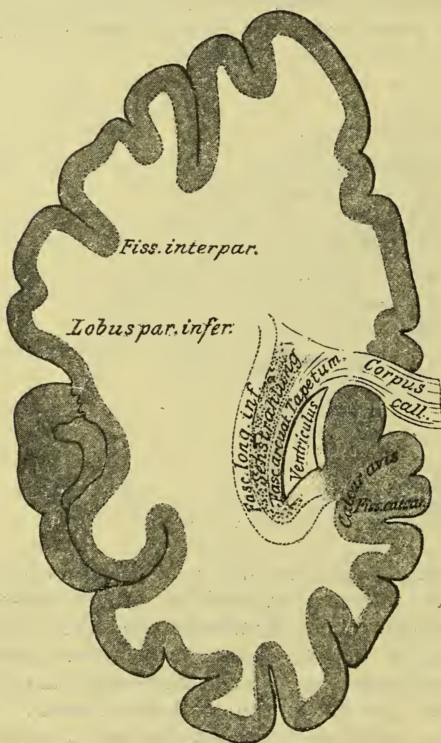


Fig. 78.
Frontalschnitt durch den Occipitallappen zur Demonstration der Lage der Sehstrahlung. Nach einer Zeichnung von Monakow.

Im caudalen Abschnitt der inneren Kapsel, dicht vor dem Eintritt in die primären Centren, sind die einzelnen Theile der Sehstrahlung noch scharf von einander gesondert. Der Stiel zum Corpus geniculatum laterale liegt diesem als laterales Markfeld dicht an. Er stammt aus dem Cuneus, vielleicht auch noch aus dem Lobus lingualis. Dorsal von ihm treten die aus den beiden Occipitalwindungen stammenden Fasern der Sehstrahlung in das Pulvinar. Ihnen sind weiter dorsal Züge angelagert, welche sich in der Gitterschicht des Thalamus verlieren. Vergl. Fig. 69 und 70.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass auch in der Sehstrahlung Fasern zweierlei Herkunft vorhanden sind, solche aus Zellen der primären Centren zur Rinde und solche aus Rindenzellen zu diesen Centren.

Bei zerstörenden Krankheitsherden im Hinterhauptlappen und im hintersten Theil der inneren Kapsel treten ganz ähnliche Sehstörungen auf, wie wenn der Sehnerventractus der betreffenden Seite gelitten hätte. Es fällt die äussere Netzhauthälfte des gleichseitigen und die innere des entgegengesetzten Auges aus.

Zum System des Opticus gehört wahrscheinlich auch ein von Gall und Spurzheim entdeckter Faserzug, der von den vorderen Vierhügeln seitlich herabzieht und den Hirnschenkelfuss an der Basis eine Strecke weit quer überzieht, ehe er sich in ihn nahe der Mittellinie einsenkt. Dieser Zug — Tractus peduncularis transversus — entartet nach Zerstörung eines Opticus, Gudden. Er ist bei Thieren und dem Menschen nicht immer nachweisbar

und auch in seiner Ausbildung variirend. Auf Fig. 39 sehen Sie ihn (nicht bezeichnet) den r. Hirnschenkel überziehen.

Lassen Sie uns jetzt, wo wir im Allgemeinen etwas über die Vierhügelgegend orientirt sind, einen Schnitt betrachten, der das vordere Vierhügelpaar durchschneidet, unter ihm durch die Gebilde der Haube geht und schliesslich die Hirnschenkel durchtrennt.

Orientiren wir uns nach dem bereits Bekannten! Beiderseits aussen liegt das Pulvinar thalami, aus dem der Sehnerv zu kommen scheint. Das Corpus geniculatum laterale ist in seinem Verlauf wie eingeschaltet.

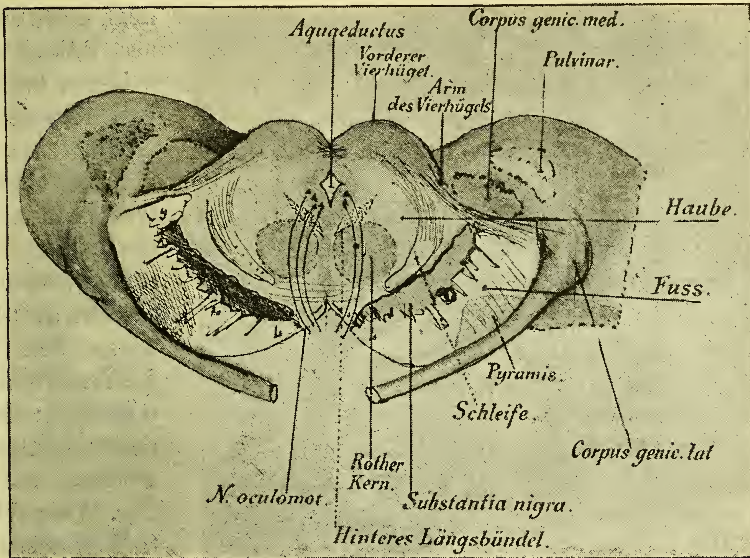


Fig. 79.
Querschnitt durch die vorderen Vierhügel (etwas schematisirt).

Er bekommt einen, namentlich links deutlichen Zuzug aus dem vorderen Vierhügelarme, über dem Sie das vom Schnitt getroffene Corpus geniculatum mediale erkennen.

Unter dem Pulvinar kommt der Hirnschenkelfuss aus der Tiefe.

In seiner Fasermasse sind Bahnen sehr verschiedener Herkunft enthalten. Entwicklungsgeschichtliche Studien, namentlich aber die genaue Verfolgung secundärer Degenerationen, welche von Grosshirnherden veranlasst werden, ermöglichen allein, den Ort zu bestimmen, wo die einzelnen Bahnen lagern. Es liegt bereits eine nicht geringe Anzahl gut beobachteter Fälle von partieller Fussdegeneration vor, so dass sich heute mit einiger Sicherheit eine Eintheilung der Fussfaserung geben lässt. Am weitesten lateral liegen die Fasern aus dem Occipital- und Temporallappen, vielleicht auch solche aus dem Scheitelhirn, beide bis in die Brücke nur verfolgbar. Daran schliesst sich weiter nach innen die Pyramidenbahn, welche auf dieser Höhe noch Fasern zu den Bulbärkernen medial angelagert ent-

hält. In dieser Gegend, also an der Grenze des medialsten Viertels etwa, liegt wahrscheinlich auch die Sprachbahn aus der Rinde der unteren Frontalwindung. Noch unsicher ist, woher die Fasern stammen, welche im innersten Viertel der Fussfaserung liegen. Manches spricht dafür, dass sie aus den Frontallappen stammen und der von da zur Brücke ziehenden Faserung entsprechen. Dorsal vom Pes pedunculi liegen die Fasern aus dem Corpus striatum, Meynert's Stratum intermedium, und dann folgt die Substantia nigra, eine Anhäufung von feinen Nervenfäserchen und Ganglienzellen noch ganz unbekannter Bedeutung. Nach aussen von ihr (etwa bei *g* der Fig. 79) liegt noch ein kleines, bislang meines Wissens noch nicht beschriebenes Ganglion.

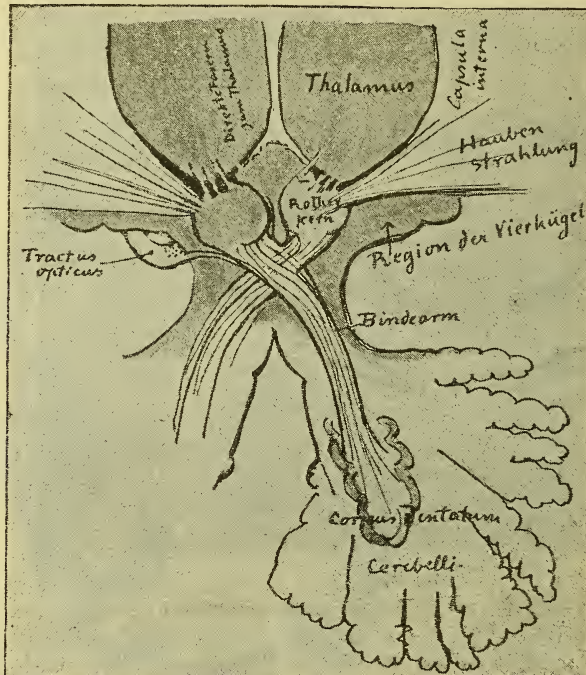


Fig. 80.
Schematisch gehaltener Horizontalschnitt durch die Bindearmkreuzung und ihre Umgebung. Der Zug zum Opticus ist fraglich.

In der Haube fallen Ihnen zunächst die beiden grossen runden grauen Querschnitte auf; sie gehören den rothen Kernen, Nuclei tegmenti, an; das Corpus subthalamicum, welches auf dem Fig. 68 abgebildeten Schnitt neben ihnen lag, ist in dieser Höhe verschwunden.

Der rothe Kern, in den Fasern aus dem Thalamus (und aus der Haubenstrahlung?) gelangen, ist unter den Vierhügeln schon reich an markhaltigen Fasern. Diese ziehen unter den hinteren Vierhügeln nach der Mittellinie und kreuzen sich da mit denen der anderen Seite. Sie gehören dem Bindearm oder oberen Kleinhirnschenkel an; die Kreuzung heisst Bindearmkreuzung. Auf den Frontalschnitten ist sie sehr deutlich. Noch weiter hinter bilden die gekreuzten Bindearme bereits dicke, nach aussen vom rothen Kern liegende Bündel, die dann immer weiter lateralwärts rücken und schliesslich an die äussere Oberfläche gelangen. Von da ziehen sie rückwärts zum Kleinhirn.

Die Bindearmfaserung gehört auch mit zum Grundmechanismus des Gehirnes. Sie ist schon von den Selachiern an überall nachweisbar.

Ein fast horizontal durch den Thalamus, die Vierhügel und das Kleinhirn gelegter Schnitt, der dem Verlauf der Bindearme folgt, würde etwa in der Weise der Fig. 80 die Beziehungen zwischen Thalamus, Nucleus ruber, Haubenstrahlung, Bindearm und Cerebellum erkennen lassen.

Im Kleinhirn tritt der Bindearm in das Corpus dentatum.

Nach aussen vom rothen Kern liegt in Fig. 79 ein dickes Bündel schräg abgeschnittener Fasern, die unter den Vierhügeln hervorzukommen scheinen. Sie ziehen nach abwärts in die Gegend dorsal von der Substantia nigra. Diese Fasern entstammen zum grossen Theil den Vierhügelganglien. Man bezeichnet sie als untere Schleife. Die obere Schleife, bestehend aus Rindenschleife und Thalamusschleife, liegt in den Schnittebenen, die wir eben besprechen, etwas nach aussen und unten vom rothen Kern als geschlossenes Bündel von Querschnitten. Lateral von ihr legen sich die Fasern der unteren Schleife ihr an. So entsteht eine breite Schicht von Querschnitten direct über der Substantia nigra, die als Schleifenschicht bezeichnet wird.

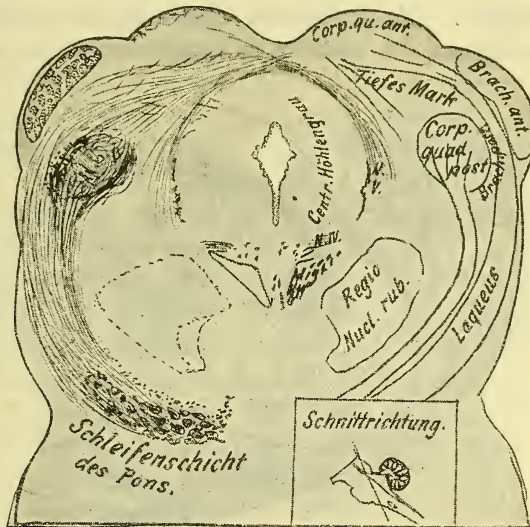


Fig. 81.
Schräg von vorn oben nach hinten unten abfallender Frontalschnitt (Schnittrichtung in der Nebenfigur angegeben), enthält den grössten Theil des Ursprunges der Mittelhirnschleife. Färbung mit Hämatoxylinlack. Rechts oben lies statt „Br. anticum" Br. posticum.

Der grösste Theil der Schleifenschicht kann caudalwärts bis in die Kerne der sensiblen Nerven und diejenigen der Hinterstränge verfolgt werden. Meynert hat zuerst nachgewiesen, dass wir in ihr ein Stück der sensiblen Bahn vor uns haben. Die Entwicklungsgeschichte und die vergleichende Anatomie bestätigen das gleichmässig. Wir werden später den weiteren Verlauf der Schleifen kennen lernen.

Die Schleifenschicht enthält also zwei Elemente, die obere und untere Schleife.

Die untere (besser Mittelhirn-)Schleife entstammt zum grössten Theile einem bisher noch nicht erwähnten Fasersystem, dem tiefen Mark des Mittelhirndaches, zum anderen Theile dem Ganglion des hinteren Vierhügels. Auf einem schräg durch beide Vierhügel abfallenden Frontalschnitt, wie ihn Fig. 81 darstellt, ist das deutlich zu erkennen. Das erwähnte Ganglion besteht aus einem mächtigen rundlichen, von einem feinen Fasernetze erfüllten Kern, es besitzt nur diesen und zeigt deshalb nicht die abwechselnde Schichtung von grauer und weisser Substanz, welche

den vorderen Hügel, das Opticusganglion, charakterisirt. Es steht mit dem der anderen Seite durch über dem Aquaeductus verlaufende Fasern in Verbindung.

Das tiefe Mark ist ein phylogenetisch sehr altes System. Es fehlt selbst in den einfachst gebauten Gehirnen niederer Wirbelthiere nicht und umgiebt sich bei diesen, wie auch beim Menschen, ausserordentlich frühzeitig mit Markscheiden. Seine Fasern entspringen in Schichten der Mittelhirndecke, die ventral von denjenigen liegen, welche dem Opticus Ursprung geben. Aus diesen ziehen sie zuerst radiär nach innen, wenden sich dann aber nahe dem centralen Höhlengrau, das den Aquaeductus umgiebt, ventralwärts. Die lateralsten dieser Fasern gelangen, vereint mit solchen, welche von der anderen Seite herstammen, in die Schleife, die medialere aber umgürten den Aquaeductus und kreuzen sich ventral von ihm zum grossen Theil mit denen der anderen Seite: fontaineartige Haubenkreuzung, Forel (Fig. 82, 85, 86). Bei den Fischen und den Vögeln sind gerade die Fasern des tiefen Markes so stark ausgebildet, dass ihr Verlauf leichter zu erkennen ist. Bei ihnen, aber auch bei den Amphibien und Reptilien, erkennt man, dass es sich um ein Fasersystem handelt, das, soweit es nicht in der Schleife abwärts zieht, dem Mittelhirn selbst angehört und in Zellen theils auf dessen gleicher, theils auf dessen gekreuzter Seite endet. An den entsprechenden Stellen finden sich auch beim Menschen Zellgruppen, Ganglion profundum Mesocephali laterale und mediale.

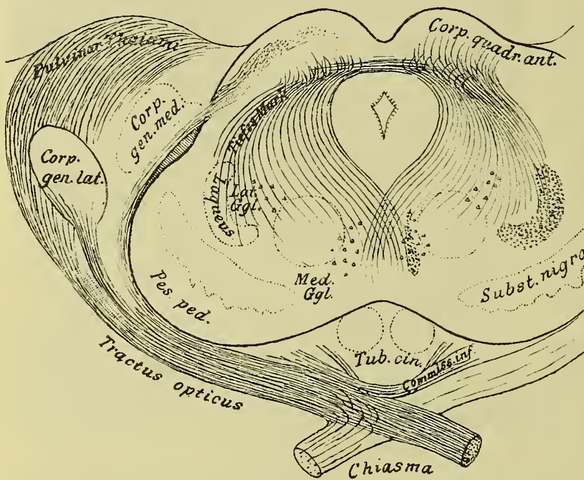


Fig. 82.
Die im Mittelhirndach entspringenden Fasern. Dorsal der Tractus opticus, ventral das tiefe Mark. Schema, das auch die anderen Opticuswurzeln enthält.

Im centralen Höhlengrau unter den Vierhügeln treten die ersten Ganglienzellen auf, welche einem Hirnnerven, dem Nervus oculomotorius, Ursprung geben. Aus ihrer Vereinigung, dem Nucleus N. oculomotorii, ziehen die Wurzelfasern des Nerven ventralwärts durch die Haube und den Fuss nach der Unterseite des Gehirnes, wo sie zu dicken Bündeln geeint austreten (s. Fig. 86). Der Oculomotorius enthält die Fasern zu mehreren Muskeln in und ausser dem Auge. Es ist dadurch, dass man nucleare Lähmungen einzelner dieser Muskeln kennt, sehr wahrscheinlich geworden, dass der Kern aus einem Complex von räumlich etwas

gesonderten Einzelkernen besteht. Beim Menschen sieht man in der That eine deutliche Sonderung in mehrere Theile. Ganz vorn, z. Th. noch in der Seitenwand des Ventriculus tertius, liegt jederseits ein schmaler kleinzelliger Kern, der Nucleus anterior. Er sendet seine spärlichen Fasern etwas caudal gerichtet zum Hauptstamm des Nerven. Hinter ihm liegt, sich fast über die ganze Länge des Aquaeductus erstreckend, der aus grossen multipolaren Ganglienzellen bestehende Nucleus posterior, an dem man eine Anordnung der Zellen zu Gruppen erkennt. Namentlich deutlich abgrenzbar ist eine dorsaler gelegene Zellansammlung. Während nämlich alle anderen Oculomotoriusfasern auf der Ursprungsseite austreten, ziehen, wie zuerst Gudden nachgewiesen, die Fasern aus dieser Gruppe nach der Mittellinie, tauchen dort ventralwärts und kreuzen sich dabei. Ausser der dorsalen lässt sich noch eine mediale Abtheilung wohl abgrenzen. Sie liegt genau in der Mittellinie und sendet nach rechts und nach links Wurzelfasern aus.

Fig. 83 stellt die Kerne am Boden des Aquäductes und die Art, wie sie sich mit dem Nerven verbinden, halbschematisch dar. Sie bemerken auf ihr noch jederseits zwei kleinere Kerne *a* und *b*, die vorn unter sich verbunden sind. Diese zuerst von mir bei Föten gesehenen, dann von Westphal an Erwachsenen genauer untersuchten Kerne liegen in einem dichten Netz von Nervenfasern. Es ist noch nicht sicher, ob und in welcher Weise sie mit dem Oculomotorius in Verbindung stehen. Es liegen bereits so verschiedene klinische Erfahrungen und Sectionsbefunde vor, dass man es wagen konnte, die Lage zu bestimmen, welche die einzelnen Augenmuskeln im Kerne einnehmen. Ich theile Ihnen von den mannigfachen dahin zielenden Versuchen, die durch Kahler und Pick glücklich begonnen wurden, den letzten, die Tabelle von Starr mit. Nach dieser liegen von vorn nach hinten die Einzelkerne so:

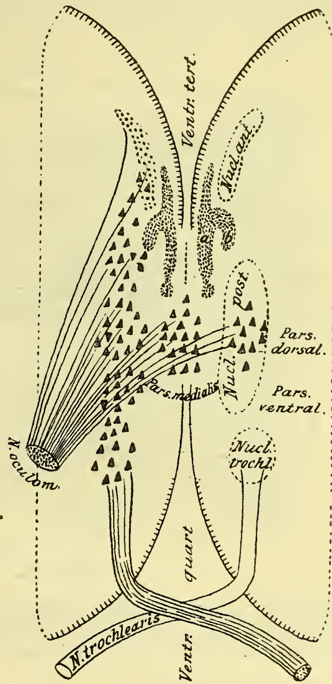


Fig. 83.
Der Boden des Aquaeductus Sylvii. Aufsicht. Die Kerne des Oculomotorius und Trochlearis. Halbschema.

Sphincter Iridis	Musculus ciliaris	Medianlinie
Levator palp.	Rectus int.	
Rectus sup.	Rectus inf.	
Obliquus inf.		

Die Nerven für die Innenmuskeln des Auges entspringen wahrscheinlich aus dem vorderen Kerne. Die gekreuzte Bahn, vielleicht auch der mediale Theil des hinteren Kernes, wird dem Rectus internus zuzutheilen

sein. Die anatomische Grundlage für den von der Klinik postulirten directen und gekreuzten Zusammenhang des Oculomotorius mit den Centren des Opticus ist noch nicht sicher nachgewiesen. Fasernetze und Züge, durch welche die Verbindung stattfinden könnte, sind in dieser Gegend mehrfach vorhanden. Das beweisende Experiment oder die beweisende klinische Beobachtung mit nachträglich erhobenem Befund steht noch aus.

Der Oculomotoriuskern liegt ventral vom Aquaeductus Sylvii, also in dessen Bodentheil. Wir werden in der Folge, wenn wir in der Betrachtung der Haubengegend allmählich abwärts schreiten, den Kernen fast aller übrigen Hirnnerven in dieser Bodenregion begegnen.

Sie haben im Anfang der heutigen Vorlesung erfahren, dass aus der hinteren Commissur sich Fasern rückwärts wenden. Medial und ventral von diesen sammeln sich, aus der Tiefe des Zwischenhirns stammend, feine Bündelchen, ventral vom vorderen Oculomotoriuskerne. Nach hinten wird das Areal, welches sie einnehmen, immer grösser. Es treten nämlich zu ihnen noch eine Menge Fasern aus dem Kerne des Oculomotorius selbst. Dem fast dreieckigen Querschnitte des so aus verschiedenen Bestandtheilen sich zusammensetzenden Bündels werden wir von jetzt ab auf allen Schnitten von den Vierhügeln bis in den Anfangstheil des Rückenmarkes hinab begegnen. Die betreffenden Fasern heissen in ihrer Gesammtheit Fasciculus longitudinalis posterior, hinteres Längsbündel. Da auf der ganzen Länge des Verlaufes dieses Bündels, wie man an Embryonen aus dem 6.—7. Monat, wo nur wenige andere Fasern markhaltig sind, gut sieht, Fasern aus ihm zu den Nervenkernen abgehen, da auch sein unteres Ende viel weiter hinab ragt, als der Abducenskern, so ist es wahrscheinlich, dass das hintere Längsbündel ausser den Verbindungen der Augenmuskelnerven unter einander auch noch Züge für andere Hirnnerven enthält.

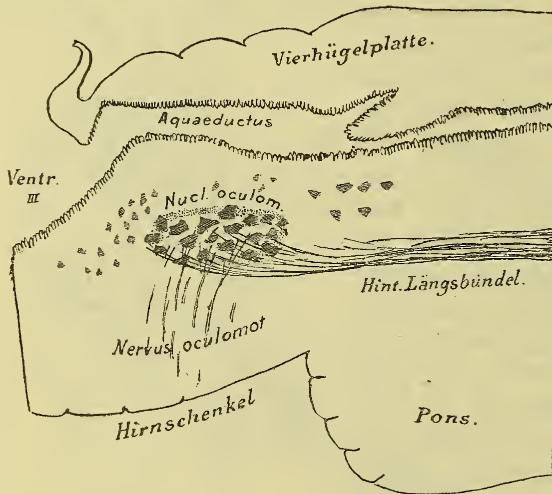


Fig. 84.

Längsschnitt durch die Vierhügelgegend eines menschlichen Fötus von 28 Wochen; nahe der Medianlinie. Die Aussenwand des Aquaeductus zum Theil getroffen. Endigung des hinteren Längsbündels im Oculomotoriuskern. Alle markhaltigen Fasern durch Hämatoxylin gefärbt.

Das hintere Längsbündel entsendet seine frontalsten Fasern viel weiter nach vorn als bis zum Oculomotorius. Man sieht, dass im centralen Höhlengrau dicht vor der Stelle, wo der Aquäduct beginnt, eine Ansammlung

grösserer Ganglienzellen liegt — Nucleus fasciculi longit. sup. Fig. 69 —, aus dem eine Anzahl solcher Fasern stammen. Bei allen Thieren ist dieser Kern nachweisbar. Er liegt in Schnittebenen bei Säugern, die ventral in die hintersten Abschnitte des Corpus mamillare fallen. Ueberall vorhanden und immer vom Zwischenhirn bis in die Gegend der Vorderstränge des Rückenmarkes nachweisbar, muss dieses Bündel ebenfalls zu den Grundbündeln des Gehirnes gerechnet werden.

Die zahlreichen Fasersysteme, welche in der Vierhügelgegend verlaufen, werden in ihren Abgrenzungen zu einander nur dann ganz klar, wenn man die Entwicklung ihrer Markscheidenbildung studirt. Ich möchte daher, meine Herren, diese Vorlesung nicht schliessen, ohne Ihnen ein diesbezügliches Präparat demonstrirt zu haben.

Sie sehen in Fig. 85 einen Schnitt durch die vorderen Vierhügel, dicht an der hinteren Commissur von einem im 9. Fötalmonat geborenen Kinde. Alle zu dieser Zeit markhaltigen Fasern sind durch Hämatoxylin geschwärzt.

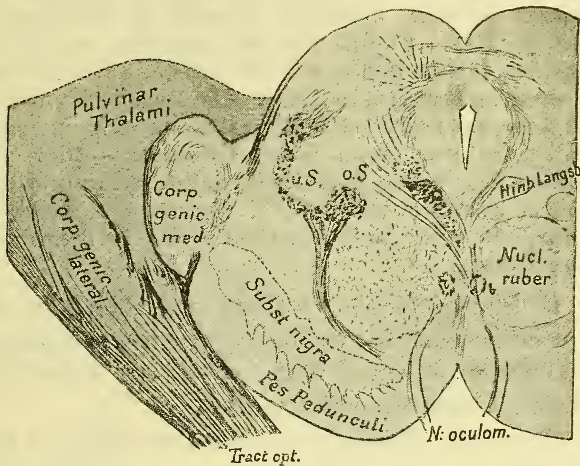


Fig. 85.
Frontalschnitt durch die vorderen Vierhügel einer Frucht aus dem neunten Monate.

An den eingeschriebenen Bezeichnungen orientiren Sie sich leicht. Noch nicht näher erwähnt ist das kleine Bündel im Kreis stehender Querschnitte, das zwischen beiden rothen Kernen liegt und mit *b* bezeichnet ist. Es stammt aus dem Ganglion habenulae thalami und zieht von dort nach rückwärts zu einem kleinen zwischen den Hirnschenkeln liegenden Ganglion, dem Ganglion interpedunculare. Dort kreuzt es sich vor seinem Eintritt in das Ganglion mit dem analogen Bündel der anderen Seite. Es heisst Fasciculus retroflexus oder Meynert'sches Bündel. Sein Verlauf wird am besten aus Fig. 42 klar. In dem Ganglion habenulae endet, wie bereits früher erwähnt wurde, jener aus den lateralen Gebieten des Riechfeldes aufsteigende Faserzug, die Taenia thalami, zum grössten Theil. Es ist bei osmatischen Thieren grösser als bei den Primaten. Das gleiche gilt auch für das Ganglion interpedunculare. Wir sind wohl berechtigt anzunehmen, dass diese Ganglien und der sie verbindende Fasciculus retroflexus zum Mechanismus des Riechapparates gehören. Sie sind durch die ganze Thierreihe hindurch nachweisbar.

Das Ganglion interpedunculare ist von Gudden entdeckt und von Forel zuerst genauer beschrieben worden. Gudden wies nach, dass nach Zerstörung eines Ganglion habenulae das gleichseitige Meynert'sche Bündel absteigend degenerirt und dass die deg. Fasern sich bis in das gekreuzte Ganglion interped. verfolgen lassen. Ganser entdeckte noch einen aus der Haube absteigenden Zug zum Ganglion interpedunculare.

Meine eigenen Untersuchungen an normalen Hunden und an einem solchen, dem das Ganglion habenulae zerstört war, lehren weitere Verhältnisse kennen:

Es besteht das Ganglion interpedunculare beim Hunde aus 5 verschiedenen Ganglien. Frontal liegen nebeneinander zwei birnförmige Körper, bedeckt von einer flachen Platte, die direct an die Haubenfaserung grenzt. Dieser Complex ist von den viel grösseren caudalen Ganglien von hinten her hufeisenförmig umfasst. Der hintere Umfang des Hufeisens wird von dem mächtigen gemeinsamen Körper der caudalen Ganglien gebildet. Die vorderen dünneren Schenkel derselben nehmen die Meynert'schen Bündel auf, die sofort nach dem Eintritt ihre Markscheiden verlieren. Bei der Eidechse erkenne ich, dass sie sich in zahllose feinste — Golgi-Methode — Endpinsel nach Kreuzung im Ganglion auflösen. Die Angabe Guddens von der Degeneration nach Untergang eines Ganglion habenulae kann ich bestätigen. Das Deckganglion ist von einem feinen Fasernetz erfüllt. Aus diesem treten Züge zwischen den beiden frontalen Ganglien ventralwärts. In den frontalen birnförmigen Ganglien endet der Zuzug aus der Haube des Mittelhirnes, starke Fasern, die auch nach Zerstörung des Vorderhirnes und des Thalamus erhalten bleiben.

In der Fig. 86 lege ich Ihnen eine Abbildung vor, die, nach Präparaten aus verschiedenen Entwicklungsperioden zusammengestellt, die allermeisten Bestandtheile erkennen lässt, welche auf einem Schnitte dicht hinter den vorderen Vierhügeln sichtbar sind.

Sie wollen dieselben zu einer Repetition des heute Vorgetragenen benutzen und die folgenden Bestandtheile aufsuchen:

1. Mittelhirndach: Corpus quadrig. anterius, aus dem dorsal der Sehnerv, ventral das tiefe Mark stammt, die Kreuzung des letzteren über dem Aquäducte, das centrale Höhlengrau, das den Aquäduct umgiebt. An seinem äusseren Rande liegt ein bisher noch nicht erwähnter kleiner Kern, dessen blasige Zellen durch das ganze Mittelhirn an der gleichen Stelle gefunden werden. Aus ihm stammt ein dünnes Faserbündelchen, das immerfort Zuwachs erhaltend, hinab in die Brücke zieht und dort sich zu den austretenden Fasern des Trigeminus gesellt. Es ist die absteigende Quintuswurzel.

Im Mittelhirndach kann man eine etwas verwaschene Schichtung von grauen und weissen, auf einander folgenden Lagen erkennen. Der feinere gewebliche Aufbau der einzelnen ist beim Menschen noch nicht genügend bekannt. Bei niederen Vertebraten sind aber die Verhältnisse hier viel klarer; zahlreiche Untersuchungen, namentlich solche, die mit der Golgi-Methode angestellt sind, liegen bereits für das Mittelhirndach der Fische, Amphibien, Reptilien und Vögel vor und es ist zu erwarten, dass in naher Zeit auch die Schichten beim Menschen richtig gedeutet werden können. Bekannt ist, dass in das Dach eintreten: Fasern aus dem Opticus, die der Retina entstammen, und Fasern aus der Sehstrahlung, also vom Occipitallappen her, dass aus Zellen im Dache

Fasern entspringen, die in den Sehnerv gelangen, und solche, welche sich basalwärts zur Schleife wenden. Ausserdem ist bereits mit Sicherheit nachgewiesen, dass es im Mittelhirndache zahlreiche Ganglienzellen mit stark verzweigtem und in keine Nervenfaser übergehendem Axencylinder giebt.

Bei den Säugern unterscheidet man gewöhnlich von aussen nach innen gehend folgende Schichten im vorderen Hügel: 1. Oberflächliches Mark und Grau — die eintretenden Opticusfasern — atrophirt etwas nach Wegnahme eines Auges und ist bei dem Maulwurf mit reducirtem Sehapparate — Ganser — besonders dünn. 2. Mittleres Grau, eine directe Fortsetzung

Fig. 86.

Schnitt dicht hinter den vorderen Vierhügeln, combinirt nach Präparaten aus verschiedenen Stadien der Markscheidenbildung. Hämatoxylinkupferlackmethode. — Statt: Brach. corp. quadr. ant. lies: post.

des oberflächlichen Grau. Am besten studirt bei den Vögeln — Cajal, Gehuchten —, enthält es massenhafte Zellen, deren Axencylinder zum grössten Theile hinab in die Schleifenschicht gelangt, deren Dendriten sich aber um die feinen Endpinsel verästen, welche der Sehnerv in das oberflächliche Grau schickt. In und unter diesem liegt 3. das mittlere Mark. Es enthält die Züge aus der Sehstrahlung zum Opticus, muss aber noch mehr andere Züge führen, denn es degenerirt nur unvollständig nach Wegnahme der Rinde und ist auch bei Reptilien, die keinen oder nur einen sehr unbedeutenden Zuzug aus der Rinde besitzen, zum Theil nachweisbar. 4. Das tiefe Grau und

das tiefe Mark. Das Grau ist nur die Fortsetzung des Vierhügelgraues überhaupt. Das tiefe Mark enthält die aus dem Vierhügel entspringenden und dahin endenden Fasern der Schleifenschicht. Sie stammen aus dem tiefen und mittleren Grau.

2. Haube: Im ventralen Theile des Höhlengraues der Nucleus posterior medialis und lateralis des Nervus oculomotorius, in ihn treten Fasern anscheinend aus dem tiefen Mark und solche aus dem Fasciculus longitudinalis posterior; lateral vom hinteren Längsbündel die Fasern der Commissura posterior, direct an es sich anschliessend. Nach aussen von diesen ein Markfeld, das aus dem Thalamus stammt, den es als Laminae medullares verlassen hat. Die Schleife aus den Vierhügeln — untere Schleife — und die aus der Haubenstrahlung und dem Thalamus — obere Schleife; nach innen von der Schleife der Nucleus ruber tegmenti, aus dem massenhaft bereits Bindearmfasern entspringen. Nahe der Medianlinie liegt jene Kreuzung von Fasern des tiefen Markes, die man als fontaineartige Haubenkreuzung bezeichnet. Zwischen ihr und dem Bindearm steigt ein Stück des Fasciculus retroflexus herab. Wie es an diese Stelle geräth, zeigt Fig. 42.

3. Auf der Grenze zwischen Fuss und Haube erkennt man die Substantia nigra Sömmeringi, in der massenhaft Fasern — Stratum intermedium — verlaufen, die aus dem Linsenkern stammen.

4. Fuss des Hirnschenkels. Noch marklos, nach einem Präparate von einem 4wöchentlichen Kinde ist die Pyramidenbahn eingezeichnet. Die medial von ihr liegenden Fasern stammen aus dem Lobus frontalis, die lateral liegenden aus dem Lobus parietalis. Ein Bündel verlässt in dieser Gegend die Pyramide, und indem es den Fuss umzieht, gelangt es, allerdings erst in caudaler liegenden Ebenen, direct in die Schleife, deren medialste Schicht es bildet. Spitzka hat es durch vergleichend anatomische Gründe sehr wahrscheinlich gemacht, dass dieses Bündel die cerebralen Bahnen der Hirnnerven enthält. Nach innen von ihm sind auf der Abbildung die Wurzelfasern des Oculomotorius sichtbar. Sie durchschneiden kurz vor ihrem Austritt den Pedunculus corporis mamillaris.

Der Faserverlauf im Bereich des Thalamus und der Regio subthalamica ist weniger sicher bekannt, als an den meisten anderen Stellen des Gehirns. Auf diesem schwierigen Gebiete haben Meynert, Forel, Gudden, Flechsig, Ganser, Wernicke, der Verfasser und Andere gearbeitet.

Der Ursprung des Sehnerven ist wesentlich bearbeitet worden von Meynert, J. Stilling, Tartuferi, Gudden, Bellonci, dann von Monakow, dem wir die wesentlichsten Fortschritte verdanken, von Henschen u. A. Die genauere Kenntniss des Oculomotoriuskernes wurde durch Arbeiten von Gudden, Perlia und von Westphal-Siemerling und Verfasser erzielt.

Wir haben noch das Wenige nachzutragen, was als Zeichen der Erkrankung der Vierhügelgegend mit einiger Sicherheit gelten kann.

Krankheitsherde in der Regio subthalamica treffen ein solches Gewirr verschiedenartiger Fasern, dass ihre Symptome die allermannigfaltigsten sein werden. Eine sichere Diagnose dürfte jetzt noch kaum zu stellen sein.

Herde im Bereich der Hirnschenkel treffen die motorische Faserung für die gegenüberliegende Körperhälfte inclusive der betreffenden Hirnnerven. Auch sensorische und vasomotorische Störungen können eintreten. Meist aber wird nicht nur die Extremitätenmusculatur und einer oder mehrere Hirnnerven gelähmt, sondern es treten auch Störungen im Oculomotorius der erkrankten Seite auf. Wenn gleichzeitig ein Oculomotorius und die ihm gekreuzte Körperhälfte gelähmt werden, darf man an einen Herd unter den Vierhügeln denken. Solche Kranke können die Glieder einer Seite nicht oder nur theilweise bewegen, das obere Lid hängt herab, die Pupille ist erweitert, der Augapfel durch den M. rectus externus nach aussen rotirt. Durch einen Tumor an der Hirnbasis könnten, wie ein Blick auf Fig. 72 zeigt, die gleichen Symptome einmal erzeugt werden; es ist deshalb wichtig für die Diagnose, wenn Augen- und Extremitätenlähmung gleichzeitig auftreten, was im letzterwähnten Fall nur durch eine ganz besondere Combination der Verhältnisse vorkommen dürfte. Wenn Anästhesie auftritt, ist sie ebenfalls nur auf der der Erkrankung entgegengesetzten Seite vorhanden. Die sensiblen Fasern verlaufen wahrscheinlich zum grössten Theil in der Schleife.

Reicht ein Krankheitsherd weiter dorsal und trifft die Corpora quadrigemina selbst, so tritt ausser der, wie ein Blick auf unsere Querschnitte zeigt, fast selbstverständlichen einseitigen oder doppelseitigen Oculomotoriusstörung bei Erkrankung des vorderen Vierhügels Sehschwäche ein; zuweilen ist ophthalmoskopisch gar nichts Abnormes dabei nachzuweisen. Bei Tumoren kann natürlich, wie bei Tumoren an anderen Stellen des Gehirns, Stauungspapille, Sehnervenatrophie u. s. w. eintreten. Meist ist die Pupille ganz reactionslos. Welche Symptome den Erkrankungen der hinteren Vierhügel zukommen, wissen wir nicht. Man hat Gleichgewichts- und Coordinationsstörungen dabei eintreten sehen.

Am leichtesten wird der Verdacht auf Vierhügelerkrankung rege, wenn beide Oculomotorii gelähmt sind und periphere Ursachen (an der Hirnbasis) sich ausschliessen lassen oder wenn nur ein Theil eines Oculomotorius (z. B. nur die Fasern zu dem inneren Augenmuskel) geschädigt ist. Bei Affection des peripheren Stammes ist das unmöglich, solche Lähmungen sind nuclearer Natur.

Neunte Vorlesung.

Die Brücke und das Kleinhirn.

Meine Herren! Wir haben in der letzten Vorlesung gesehen, dass die Faserzüge aus dem Vorder- und Zwischenhirn sich im Bereich des Mittelhirnes in zwei verschiedene Lagen, den Fuss und die Haube, ordneten. Hinter den Vierhügeln erweitert sich der Aquaeductus bedeutend. Fuss und Haube ziehen unter ihm weiter abwärts in das Hinterhirn. Nur ein Haubenbestandtheil, der Bindearm aus dem rothen Kern der Haube, tritt jetzt vom Boden des Mittelhirnes dorsalwärts zum Dache des Hinterhirnes. Aus diesem Dach ist beim Erwachsenen das Kleinhirn, Cerebellum, hervorgegangen. Der darunter liegende Hohlraum, die Fortsetzung des

Aquäductes, heisst Ventriculus quartus. Im Boden und in den Seitentheilen des Hinterhirnes ist die Fortsetzung von Fuss und Haube enthalten.

Sehen wir zunächst zu, was aus der Faserung des Hirnschenkelfusses wird.

Nicht weit hinter den Vierhügeln legen sich dicke weisse Fasermassen ventral vor die Hirnschenkel. Aus dem Kleinhirn herabsteigend, umgreifen und bedecken sie die Fussregion in dichter Schicht. Die Gesammtheit dieser Fasern wird Brücke, Pons, genannt.

Nur ein Theil von ihnen bedeckt den Fuss von aussen (Stratum superficiale pontis), die Mehrzahl dringt von beiden Seiten zwischen die Fussfaserung ein, zersprengt sie in einzelne Bündel, Stratum complexum et profundum pontis.

Sie erinnern sich, dass von den Fasern, welche im Fuss vom Gehirn abwärts ziehen, ein Theil nur bis zur Brücke verfolgt werden konnte. Es waren das Züge aus dem Frontal-, Parietal- und Temporallappen. Die Pyramidenbahn aus der Gegend der Centralwindungen zieht durch die Brücke hindurch. Fast das ganze innere und das äussere Drittel des Hirnschenkelfusses bleibt in der Brücke; jenseits derselben tritt nur noch von den Fussbestandtheilen das mittlere Drittel, eben die Pyramidenbahn, aus, wie die beistehende Zeichnung, welche die Brücke von vorn gesehen mit den Hirnschenkeln und dem Kleinhirn darstellt, durch stärkere Schattirung der Pyramide schematisch andeutet; sie kommen beiderseits von oben aus dem Kleinhirn, umgreifen und durchflechten die Fussfaserung und treten in den ventraleren Gebieten — Stratum superficiale — zumeist zu Brückenganglien der gleichen, in den dorsaleren zu solchen der gekreuzten Seite, Minghazzini. Die Brückenganglien sind graue, von einem Netze feiner Fasern erfüllte Massen, in die man einerseits die Fasern aus den Brückenarmen, andererseits die aus dem Gehirn stammenden Bahnen verfolgt.

Wie der eigentliche Zellzusammenhang ist, wissen wir noch nicht, aber so viel lässt sich doch mit Sicherheit sagen, dass in der Brücke Bahnen, die aus dem Vorderhirn kommen, Verbindungen zur gleichen und zur gekreuzten Kleinhirnhälfte, vorwiegend zur letzteren finden.

Bei Thieren mit relativ kleinem Rindenorgan ist auch die Brücke klein, beim Menschen erreicht sie deshalb die relativ grösste Ausdehnung. Man vergl. z. B. Fig. 39. Hier ist beim Kalbe eine zwischen Fuss- und Haubentheil der Brückengegend liegende Querfaserung, das Corpus trapezoides, sichtbar, das beim Menschen von Brückenfasern bedeckt wird. Es führt dem Acusticus angehörige Züge.

Es ist übrigens nicht sicher und nicht einmal wahrscheinlich, dass alle Brückenfasern nur directe oder indirecte Fortsetzungen von Grosshirnfasern sind. Die Brückenarme enthalten mehr Fasern, als der Fuss zuleitet. Wir kennen auch schon Fasern, die aus dem Cerebellum zur Brücke herabziehen, sich dann nahe der Mittellinie dorsalwärts wenden und theils gleichseitig, theils gekreuzt in der Haube enden.

Ist der Fuss des Grosshirnschenkels durch die Brückenfasern zer-

spalten und zum Theil in das Kleinhirn abgeleitet worden, so setzt sich doch die Haube desselben nur wenig verändert durch die Pons-Region hindurch fort.

An dem letzten Querschnitt durch die Vierhügelgegend hatten wir als wesentliche Bestandtheile der Haube die folgenden kennen gelernt (vgl. Fig. 86):

1. Die graue Substanz um den Aquaeductus mit den Nervenkernen.
2. Unter ihr die hinteren Längsbündel, und nach aussen von diesen
3. Die Fasern der Commissura posterior.
4. Die Fasern aus den Striae medullares thalami.
5. Die rothen Kerne im Centrum der Haube und die aus ihnen entspringenden Bindearme.
6. Die Schleifen.
7. Den Pedunculus corporis mamillaris.
8. Fasern aus dem tiefen Mark nahe der Medianlinie.
9. Fasern aus dem Stratum intermedium.

Der Aquaeductus erweitert sich, wie oben gesagt wurde, zur Rautengrube. Die ihn umgebende graue Substanz breitet sich damit auch in die Fläche mehr aus. Ein neuer Nervenkern, der Nucleus N. trochlearis, tritt unter den hinteren Vierhügeln auf. Die Trochlearisfasern steigen aber nicht wie die Oculomotoriusfasern durch die Haube nach abwärts; sie ziehen vielmehr gleich nach ihrem Ursprung ein Stück in fast horizontaler Richtung caudalwärts, erheben sich erst dann und kreuzen sich schliesslich im Velum medullare anticum mit denjenigen der anderen Seite. So verlassen sie das Gehirn an der dorsalen Seite, dicht caudal von den hinteren Vierhügeln. Auf Fig. 90 und 91 sind Stücke des Trochlearisverlaufes sichtbar. Auf Fig. 83 ist der ganze Zug des Nerven nach Präparaten eingezeichnet.

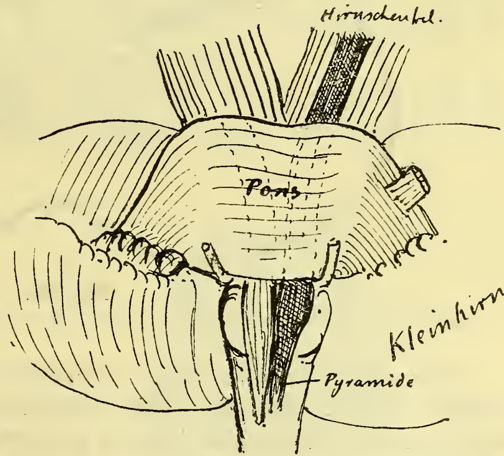


Fig. 87.
Die Hirnschenkel und die Brücke von vorn gesehen. Die Fussbahn, welche nicht in der Brücke bleibt, ist schraffirt.

Die hinteren Längsbündel und die Fasern der Commissura posterior gehen, an gleicher Stelle bleibend wie unter den Vierhügeln, hinab in die Haube des Nachhirnes. Das gleiche gilt auch von der Schleifenschicht. Dieser wachsen dann noch vom lateralen Rande der hinteren Hügel her neue Fasern zu. Sie legen sich aussen von der aus oberer und unterer

Schleife gebildeten horizontalen Schicht an und werden gewöhnlich als laterale Schleife von dieser, der medialen Schleife, geschieden. In der Fig. 88 sieht man aussen die laterale Schleife, das dorsale dreieckige Areal, zur horizontal liegenden medialen Schleife herabziehen.

Die Substantia nigra und mit ihr das Stratum intermedium sind in Schnitten aus dem Bereich der Brücke verschwunden. Ueber die Fortsetzung der Striae medullares thalami wissen wir nichts sicheres.

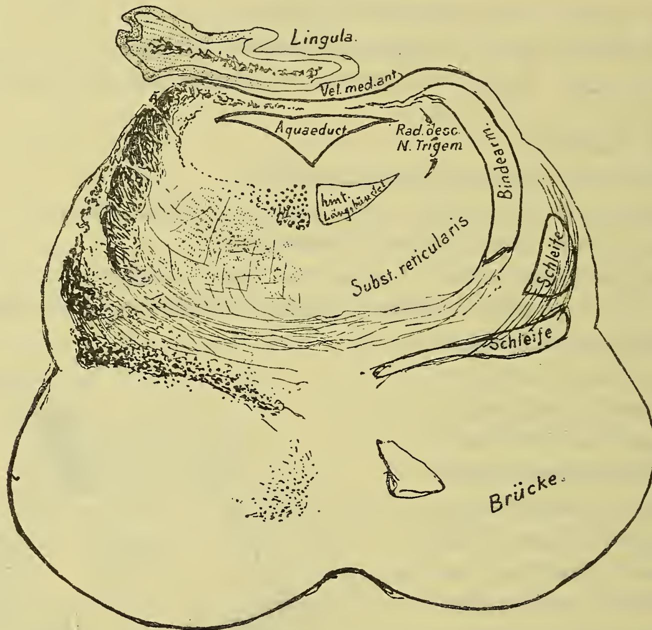


Fig. 88.
Schnitt durch die obere Brückengegend von einem Fötus aus dem neunten Schwangerschaftsmonate.

Noch ehe die Brückenregion beginnt, wird der rothe Kern immer kleiner, die ihm entstammenden Bindearme rücken mehr und mehr nach aussen und präsentiren sich jetzt als zwei kräftige Faserbündel, die zwischen der Region des rothen Kernes und der Schleife liegen. In Fig. 89 beginnt sich ihr Querschnittsbild bei *B* erst anzulegen; auf Schnitten, die nur wenig weiter nach hinten fallen, aber die Vierhügel noch treffen, liegen sie schon weit nach der Peripherie gerückt (Fig. 90), und in dem Fig. 91 abgebildeten Schnitt durch das Velum medullare posterius bilden sie die äussere Begrenzung der Zeichnung. Bald nachher senken sie sich in das Kleinhirn ein.

Das Gebiet, welches mit dem Verschwinden des rothen Kernes frei wird, nehmen die hier an Ausdehnung gewinnenden Fasern der Substantia reticularis ein, die wir später näher kennen lernen werden.

Es sind zumeist längs verlaufende Fasern, die aus den untersten Ebenen der Oblongata in allmählich abnehmender Menge bis in das Mittel-

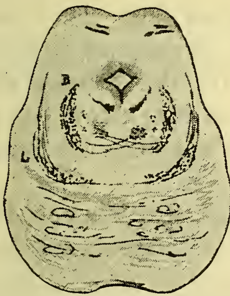
hirn hinauf und weiter bis in die ventralsten Thalamusgebiete verfolgt werden können. Sie stammen aus caudaler liegenden Zellen und aus solchen, welche in ihrem Verlaufe selbst angeordnet sind. Bei einem Hunde mit fehlendem Thalamus waren sie erhalten. Es handelt sich also um ein aufsteigendes System, oder besser um mehrere im Bereich dieser Substantia reticularis hirnwärts ziehende Fasersysteme, deren völlige Klarlegung noch nicht gelungen ist.



Fig. 89.
Anfang der Brücke, Kreuzung der Bindearme. *B* Bindearm, *L* Schleife — vom Neugebornen. Die markhaltigen Fasern der Haube durch Hämatoxylin gefärbt.

Es ist nicht schwer, wenn man sich einmal an einem guten Schnitt durch die Vierhügelgegend die Bedeutung der einzelnen Querschnittsfelder klar gemacht hat, dieselben auch auf Schnitten durch den oberen Theil der Brücke aufzufinden und richtig zu deuten. Die Veränderungen betreffen ja im Wesentlichen nur die Lage des Bindearmes und die Gestaltung der grauen Substanz unter dem sich erweiternden Aquaeductus, wo neue Nervenkerne auftreten, dann den Zutritt der lateralen Schleife zur Schleifenschicht und die Zunahme der Systeme der Substantia reticularis.

Wenn man aber weiter hinab Querschnitte anlegt, ändert sich das Bild doch wesentlich. Das geschieht dadurch, dass aus dem Dach des



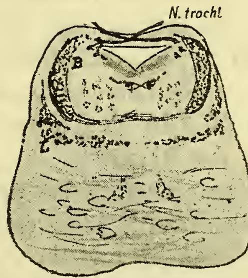


Fig. 90 und **91.** Vom Neugebornen. Hämatoxylinfärbung.

Fig. 90. Schnitt durch das Ende der Vierhügel. Bindearmkreuzung fast vollendet, rother Kern sehr klein, oben Trochlearisfasern.

Fig. 91. Schnitt durch das Velum med. ant., in dem die Trochleariskreuzung sichtbar ist. Der rothe Kern verschwunden, die Bindearme liegen fast an der Peripherie. An Stelle des rothen Kerns Substantia reticularis. In der Brücke ein kleines Bündelchen markhaltiger Fasern. Die ganze übrige Faserung des Fusses ist noch marklos und nur durch Umrisse angedeutet.

Ventrikels caudal vom Velum medullare anticum das Cerebellum wird, und dass Fasern aus der Haube und aus dem Fusse in enge Beziehung zu diesem treten.

Bindearm und Brückenfasern verschwinden in dem Kleinhirn. Von unten, von der Medulla oblongata und vom Rückenmark her kommen

Fasern, welche die Haube durchflechten und sich ebenfalls zum Cerebellum wenden.

Es ist deshalb zweckmässiger, wenn wir an dieser Stelle, also dicht hinter den Vierhügeln, die Verfolgung der Haubenbahn für einige Zeit aufgeben, wenn wir uns zunächst zum Studium der Theile des Centralnervensystems wenden, deren Ausläufer hier in Betracht kommen. Das Bild des Haubenquerschnittes wird Ihnen zweifellos später viel leichter verständlich, wenn Sie die Faseranordnung im Cerebellum etwas übersehen, wenn Sie das Rückenmark und die Medulla oblongata in ihrem Aufbau kennen gelernt haben.

Das Kleinhirn, Cerebellum, besteht aus dem Mittelstück oder Wurm (Vermis) und den beiden Hemisphären. Mit dem Zwischenhirn hängt es vorn durch die Bindearme aus dem rothen Kern, vordere Kleinhirnschenkel, mit dem Vorderhirn ventral durch die Brückenarme, mittlere Kleinhirnschenkel, zusammen. Durch die ersteren bekommt es wesentlich Fasern aus dem Thalamus und dem Gebiet der Haubenstrahlung, durch die letzteren Züge aus der Rinde des Frontallappens, des Parietal- und des Temporallappens. Eine dritte Verbindung geht das Cerebellum durch die hinteren Kleinhirnschenkel, die Corpora restiformia, welche wir erst später betrachten können, mit der Medulla oblongata und dem Rückenmark ein.

Auf der folgenden Abbildung, welche das Kleinhirn von oben gesehen zeigt, wollen Sie beachten:

1. Die Lage zu den Vierhügeln, unter denen die Bindearme zum Kleinhirn hervorkommen.
2. Die allgemeine Gestaltung, wobei in der Mitte der Wurm, beiderseits die Hemisphären zu merken sind. Wurm und Hemisphären zerfallen in einzelne grössere Lappen. Die des Wurmes sind wie die Radspeichen eines Dampfschiffes um den Markkern des Wurmes gestellt. (Auf dem gerade durch den Wurm fallenden Schnitt Fig. 95 wird das klar.)

Der Wurm hängt rechts und links mit dem Marklager der Kleinhirnhemisphären zusammen, das an seiner Oberfläche durch tiefere Furchen in Lappen und durch flachere in Leisten getheilt ist.

Der dorsale Theil des Wurmes heisst Oberwurm. Er zerfällt in:

1. Lingula (Züngelchen), ganz vorn zwischen den Bindearmen.
2. Lobulus centralis (Centrallappen), geht beiderseits in Alae lob. centr. über.
3. Monticulus (Berg), an dem man den vorderen Theil als Culmen, den hinteren als Declive unterscheidet.
4. Folium cacuminis (Wipfelblatt), am hinteren Ende des Oberwurmes.

Der dorsale Theil der Hemisphären lässt unterscheiden:

1. Vorderer Oberlappen, auch Lobus quadrangularis genannt, beiderseits vom Monticulus. Vor ihm liegen die Alae lob. centr.

2. Hinterer Oberlappen, Lobus semilunaris superior. Die beiden hinteren Oberlappen hängen durch das Folium cacuminis unter sich zusammen.

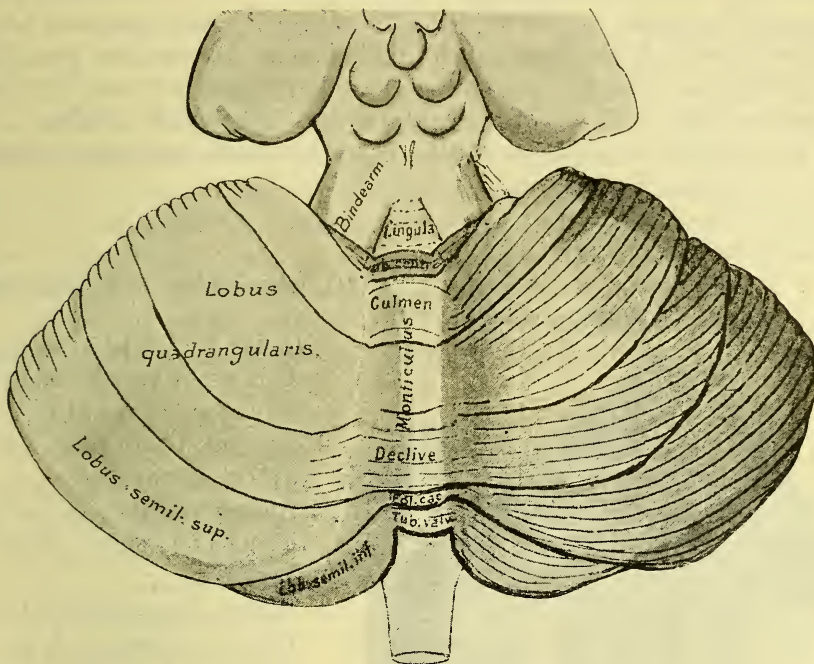


Fig. 92.
Das Cerebellum. Dorsale Seite.

Die Lappenbildung an der Unterfläche des Kleinhirns zeigt die folgende Zeichnung.

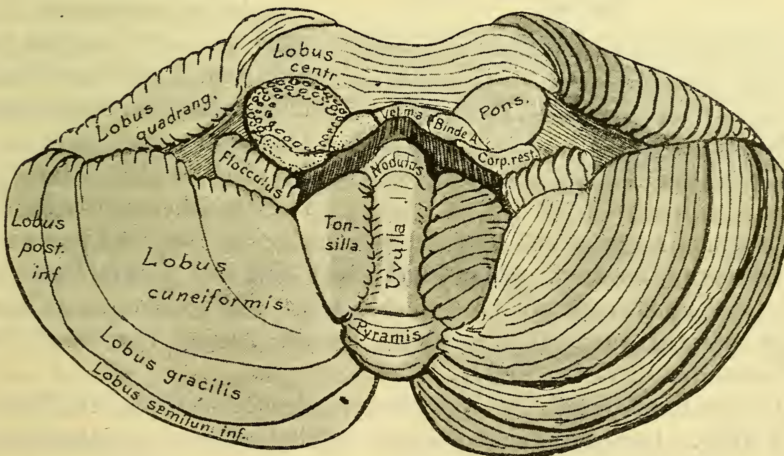


Fig. 93.
Das Cerebellum. Ventrale Seite.

Sie bietet ein etwas complicirtes Bild. Um nämlich das betreffende Präparat herzustellen, muss das Kleinhirn erst von seinen Verbindungen mit dem Mittelhirn, den Bindearmen, dann von der Brücke und von dem Corpus restiforme, der Gesammtheit der zum Rückenmark und verlängerten Mark gehenden Faserzüge, gelöst werden. So entstehen jederseits die 3 Querschnittsbilder der Kleinhirnschenkel. Zwischen den Bindearmen liegt eine dünne Membran, das Velum medullare anticum, auch ein Theil des Hinterhirndaches. Es ist durchtrennt auf dem Querschnitt sichtbar.

Die Lappen an der Unterseite des Wurmes (Unterwurm) heissen:

1. Nodulus (Knötchen).
2. Uvula (Zäpfchen).
3. Pyramis (Pyramide).
4. Tuber valvulae (Klappenwulst), ganz hinten, zum Theil noch auf der Dorsalseite gelegen.

In den Hemisphären liegt:

1. Beiderseits vom Nodulus die Flocke, Flocculus.
2. An der Uvula die Tonsilla, Mandel.
3. Aussen von ihr der Lobus cuneiformis, Keillappen.
4. Hinter ihm der hintere Unterlappen, Lobus posterior inferior, an dem man die vordere Hälfte als Lobus gracilis, die hintere als Lobus semilunaris inf. bezeichnet.

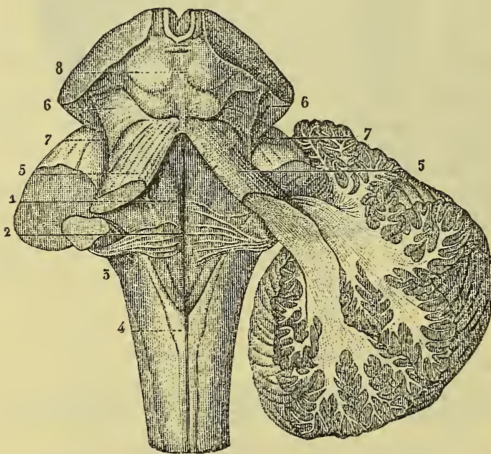


Fig. 94.

Die aus dem Mittelhirn, der Brücke und dem Rückenmark zum Kleinhirn tretenden drei Arme, nach Hirschfeld und Leveillé (Sappey). Man sieht unter den Vierhügeln 8 die oberen Schenkel oder Bindearme 5 hervortreten, von der ventralen Seite kommen die mittleren Schenkel oder Brückenarme 7, und vom Rückenmark her steigt der Strickkörper 3 als unterer Schenkel empor. Er kreuzt sich bei seinem Eintritt mit dem Bindearm. Zu bemerken sind noch auf dem Bilde die Rautengrube 1, die Striae acusticae 2, und die Clavae der Funiculi graciles 4. Bei 6 ist die Schleife zu suchen.

Auf nebenstehender Zeichnung sehen Sie die drei jederseits zum Kleinhirn ziehenden oben genannten Markfortsätze. Dieselben treten ein in den Markkern der Hemisphären, welcher sich in das Mark der einzelnen Lappen und von da wieder in das der Läppchen und Markleisten fortsetzt. Diese Markleisten sind von grauer Rinde überzogen, welche sich überall über sie hin faltet und so eine unverhältnissmässig grössere Ausdehnung gewinnt, als die äussere Form und Grösse des Kleinhirns erwarten liessen.

In den Hemisphären ist der Markkern ziemlich mächtig. Im Wurm ist er nur klein. Der beistehende mediane Sagittalschnitt durch das Kleinhirn geht gerade durch den Wurm. Er zeigt, wie sich dessen Mark vorn in eine dünne, nach den Vierhügeln zu ziehende Membran, das Velum medullare

anticum, fortsetzt. Diese dünne, zwischen den Bindearmen ausgespannte Membran bildet das Uebergangsstück vom Dach des Mittelhirns zum Dach des Hinterhirns. Auf ihr liegt das vorderste Läppchen des Oberwurms, die Lingula.

Das eigenthümliche Längsschnittbild des Wurmes führt seit Alters den Namen Arbor vitae. Das centrale Stück, das Marklager des Wurmes, heisst Corpus trapezoides. Lingula, Lobulus centralis, Uvula und Nodulus münden getrennt in dasselbe ein. Eine Anzahl der Lappen des Monticulus vereinen sich vor der Einmündung zum verticalen Ast des Arbor vitae; der hintere Theil des Monticulus, das Folium cacuminis und das Tuber valvulae, also die Lappen, welche um die hintere Kante des Kleinhirns herum liegen, treten zum horizontalen Ast des Arbor vitae zusammen.

Hinten zieht vom Kleinhirn das Velum medullare posticum als Dach über die Rautengrube bis zum Ende der Hinterstränge des Rückenmarkes. Dieses Dach besteht nur in seinen lateralen Theilen aus dichterem (wesentlich Glia-)Gewebe, in der Medianlinie ist es nur durch eine Schicht cubischen Epithels repräsentirt. Aus der Pia treten an diese zahlreiche Gefässschlingen heran und stülpen sie zum Theil in den Ventrikel hinein (Plexus choroideus — ventriculi quarti — medialis). Die lateralsten Theile bilden aber neben der Oblongata noch jederseits eine sackartige Ausbauchung, deren mediale Wand ebenfalls durch Gefässschlingen zum Plexus choroideus wird (vgl. 11. Vorl.), Plexus choroideus lateralis. Sowohl in dem mittleren Plexus, als an der Ursprungsstelle des seitlichen findet man durchlöcherte Stellen (Key und Retzius). Die mittelste dieser offenen Stellen im Medullarrohr heisst Foramen Magendii. Sie ist für die rasche Ausgleichung von Druckschwankungen der Cerebrospinalflüssigkeit von grosser Wichtigkeit.

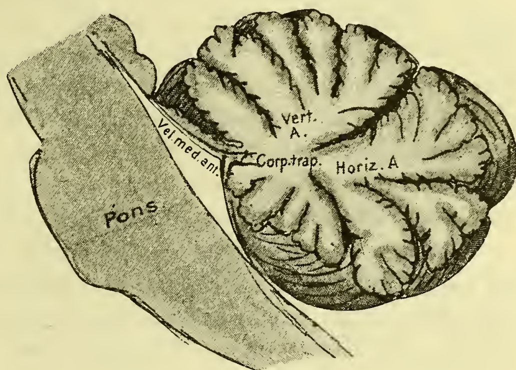


Fig. 95.
Sagittalschnitt durch die Mitte des Wurmes.

In die eben geschilderte Masse des Kleinhirns münden nun die drei wiederholt genannten Arme jederseits ein. Sie treten in den mächtigen Markkern und gehen da Verbindungen mit grauen Kernen ein, ausserdem senden sie Züge zur Kleinhirnrinde.

An der Rinde unterscheidet man schon bei schwacher Vergrösserung drei verschiedene Schichten. Am weitesten nach aussen liegt die Zona molecularis, dicht unter der relativ dicken peripheren Gliaschicht; am weitesten nach innen, an das Markweiss grenzend, die Zona granu-

losa, und zwischen beiden findet man eine Lage sehr grosser Zellen, die Purkinje'schen Zellen.

Sie erinnern sich, dass ich Ihnen in der dritten Vorlesung mitgetheilt habe, wie wir nach neueren Ansichten annehmen müssen, dass im Centralnervensystem die Beziehungen zweier Zellen zu einander immer dadurch hergestellt werden, dass die Protoplasmafortsätze der einen umgeben werden von dem aufgezweigten Axencylinder der anderen. Da man den Complex: Zelle, Axencylinder, Aufsplitterung des letzteren als Neuron bezeichnet, kann man auch sagen: im ganzen Nervensystem liegen unzählige einzelne Neurone; die Verbindung derselben unter einander findet immer durch Aneinanderlegen in der geschilderten Weise statt. Sie haben bisher erst im Lobus olfactorius ein Beispiel für das Gesagte kennen gelernt. Heute kann ich Ihnen in der Kleinhirnrinde das, was wir dort einmal kennen lernten, auf die mannigfachste Weise verwirklicht vorführen.

Die Purkinje'schen Zellen — 1 der Figur 96 — senden ihren Axencylinder hinab in die Zona molecularis und in das Marklager unter dieser. Auf dem Wege dahin giebt er Collateralen ab, die zum Theil aufwärts umbiegen und sich um den Zellleib herum verästeln (s. Abbildung). Die Dendritenfortsätze sind ausserordentlich reichlich entwickelt, namentlich in der Sagittalebene, in die Transversalebene treten viel weniger ein. Will man also Bilder bekommen, wie das Fig. 96 abgebildete, so muss man senkrecht zur Kleinhirnfurchung die Schnitte anlegen.

Das ganze reiche Geäst der Dendritenausläufer wird nun umsponnen von dicken Fasern (2 der Figur), die, aus einer Zelle an unbekanntem Orte kommend, in das Kleinhirnmark eintreten, die Körnerschicht durchziehen und in der Molecularschicht sich aufzweigen. So ist jede Purkinje'sche Zelle in Verbindung mit einem entfernten Orte gesetzt. Es giebt aber in der Molecularschicht auch eine Art Zellen, welche geeignet sind eine Anzahl der Purkinje'schen Elemente unter einander in Verbindung zu bringen. Solche Zellen (3 der Fig. 96) entsenden einen langen Axencylinder ziemlich parallel der Oberfläche der Rinde, und aus diesem senkt sich von Stelle zu Stelle ein feiner Fortsatz herab. Der tritt nahe an den Körper einer der grossen Purkinje'schen Zellen und splittert sich dann, diesen mit seinen Endästen umfassend, auf.

Die Körnerschicht besteht zum grössten Theile aus polygonalen kleinen Zellen (4) mit grossem Kerne. Jede derselben entsendet eine kleine Anzahl sich bald verzweigender Dendriten und einen Axencylinder. Der letztere dringt nach aussen in die Molecularschicht, und dort theilt er sich in zwei transversal zur Körperaxe laufende feine Fasern. In der Figur kann man diese Theilung nur eben durch eine kleine Querlinie angedeutet sehen, weil der abgebildete Schnitt in sagittaler Richtung, also senkrecht zum Windungsverlauf des Kleinhirns angelegt ist. Die zahlreichen Pünktchen in allen Höhen der Molecularschicht rechts unten entsprechen solchen quergetroffenen Theilästchen. Ausser den eben erwähnten Zellen kommen in der Körnerschicht noch solche vor (5), deren Axencylinder sich zwischen den Körnern

ausserordentlich fein aufzweigt, während die Dendriten, nicht unähnlich denen der Purkinje'schen Zellen, aber weniger reichlich, sich in der Molecularschicht vertheilen. Auch in der Körnerschicht enden Fasern (6) unbekannter Herkunft, die aus dem Marklager dahin eintreten.

Wie Sie sehen, liegt also in der Rinde des Cerebellum ein ausserordentlich complicirter Apparat vor, ein Apparat, der wohl geeignet ist, Elemente sehr verschiedener Art und Herkunft unter einander zu verbinden.



Fig. 96.

Schnitt in sagittaler Richtung durch die Rinde des Cerebellum nach Behandlung mit der Methode von Golgi. Zusammenstellung der einzelnen da beobachteten Zellen auf einem Schnitt. Nach Zeichnungen von S. R. y Cajal und v. Gehuchten.

An dem Schnitte, den ich Ihnen hier in Fig. 97 vorlege, soll gezeigt werden, wie die Fasern aus dem Kleinhirnweiss in dicken, markhaltigen Zügen in die Rinde eintreten, wie von diesen Zügen im Bereich der Körnerschicht zumeist nur gewundene Theilstücke auf dem Schnitte sichtbar sind, und wie ein wahrer Plexus markhaltiger Nervenfasern in sagittaler Richtung unter und zwischen den Purkinje'schen Zellen einherzieht. Einzelne

in gleicher Richtung ziehende dünne, markhaltige Fasern — auf der Figur nicht sichtbar — kommen auch noch ein kleines Stück über die grossen Zellen hinaus, in der Molecularschicht vor.

Die Beschreibung der Kleinhirnrinde lege ich Ihnen auch deshalb mit allem bekannten Detail vor, weil neuere Untersuchungen gezeigt haben, dass auch hier bei der progressiven Paralyse Faserschwund und andere Veränderungen vorkommen können. Es kann deshalb die Kenntniss der anatomischen Verhältnisse für Untersuchungen im Bereich der Pathologie grosse Wichtigkeit gewinnen.

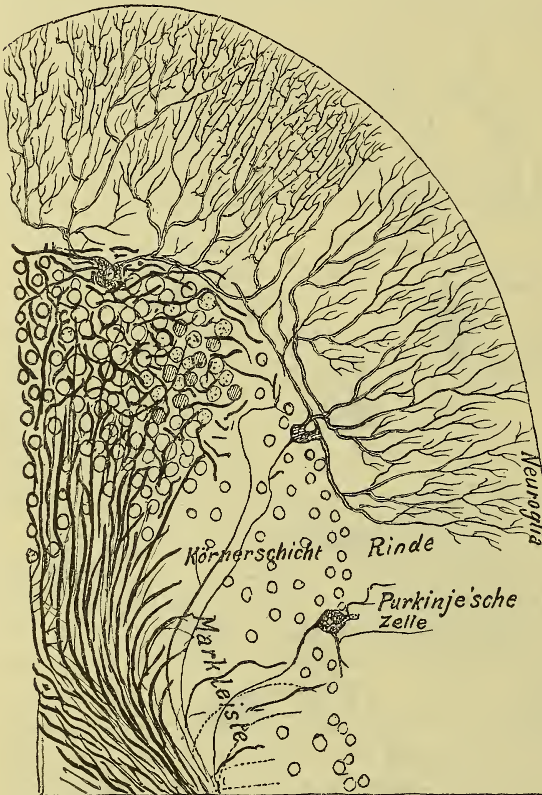


Fig. 97.
Schnitt durch die Rindenschicht des Cerebellum. Färbung mit Hämatoxylinkupferlack.

Alle Rindenpartien sind durch guirlandenförmige, ihrer Contour folgende Faserzüge unter einander verknüpft.

Ausser in der Rinde bietet das Kleinhirn noch an anderen Stellen Anhäufungen grauer Substanz. Im Markkern der Hemisphäre liegt jederseits ein grosser, vielfach gefältelter Kern, das Corpus ciliare oder dentatum. Nach innen von ihm werden weitere graue Massen angetroffen; zunächst ein längliches Ganglion, der Pfropf, Embolus, dann der Kugelkern, Nucleus globosus, ein längliches Gebilde mit kugliger Anschwellung am hinteren Ende, schliesslich am weitesten nach innen im Wurm der Dachkern, Nucleus tegmenti. Am besten bringt man sich diese Kerne auf einem fast horizontal durch das Cerebellum geführten Schnitt zu Gesicht, wie ihn Fig. 98 nach einer Abbildung aus B. Stilling's Atlas zeigt.

An einem solchen Schnitte erblicken Sie in der Mitte den Markkern des Wurmes mit den Dachkernen, vor demselben eine Faserkreuzung, die vordere Kreuzungscommissur. Rechts und links schliessen sich die Marklager der Hemisphären an, in denen die Kugelkerne, der Pfropf und

am weitesten aussen das gefältelte Markblatt des Nucleus dentatus sichtbar werden. Die tiefen Einschnitte in die Oberfläche entsprechen den Furchen zwischen den Lappen. Zwischen den Bindearmen (*R R*) liegt, wie ich vorhin erwähnte, auf dem Velum medullare anticum die Lingula; sie ist (*A*) ebenfalls in der Horizontalebene durchschnitten.



Fig. 98.

Horizontalschnitt durch das Kleinhirn. Der Schnitt durchtrennt vorn die Gegend unter den Vierhügeln *T*, dann die Bindearme *R* und zwischen diesen die Lingula *A*. Vor dieser liegen im Wurme die Dachkerne *m*, der Kugelkern *Ng*, der Pfropf *Emb* und in den Hemisphären beiderseits das Corpus dentatum cerebelli *Cdc*. Die Linie bei *Com* weist auf die vordere Kreuzungscommissur hin. Bei *Sem* die Fibrae semicirculares. Nach B. Stilling.

Alle die Kerne in den Marklagern, welche Sie eben sehen, sind durch Züge grauer Substanz unter einander in Verbindung. Ihre Beziehungen zur Faserung des Markes sind noch fast ganz unbekannt.

Wenn man dicht hinter der Stelle, wo die Bindearme in das Kleinhirn eintreten, einen Schnitt in frontaler Richtung anlegt, so wird dorsal das Cerebellum, ventral der Pons und die von ihm ausgehende Faserung getroffen, die sich beiderseits in den Hemisphären verliert. Zwischen Klein-

hirn und Haube liegt, beiderseits von den durchschnittenen Bindearmen begrenzt, der **Ventriculus quartus**, die erweiterte Fortsetzung des Aquaeductus Sylvii. Der Markkern des Wurmes fällt an dieser Stelle nicht in die Schnittlinie. Haube und Fuss, letzterer durch die Ponsfasern zerklüftet, liegen noch ganz so angeordnet, wie wir sie zuletzt an einem Schnitt durch die Vierhügelgegend gesehen haben.

Eine Anzahl der auf nachstehender Zeichnung notirten Faserzüge haben bislang noch keine Erwähnung gefunden, da wir noch nicht Gelegenheit hatten, die eigentliche Faserung des Kleinhirns näher zu betrachten.

Wir haben erfahren, dass aus drei Armen jederseits Züge in das Cerebellum treten. Ihr Verlauf darin ist, trotzdem Benedikt Stilling lange Jahre der Arbeit auf dessen Studium verwandte, nur noch sehr ungenügend bekannt.

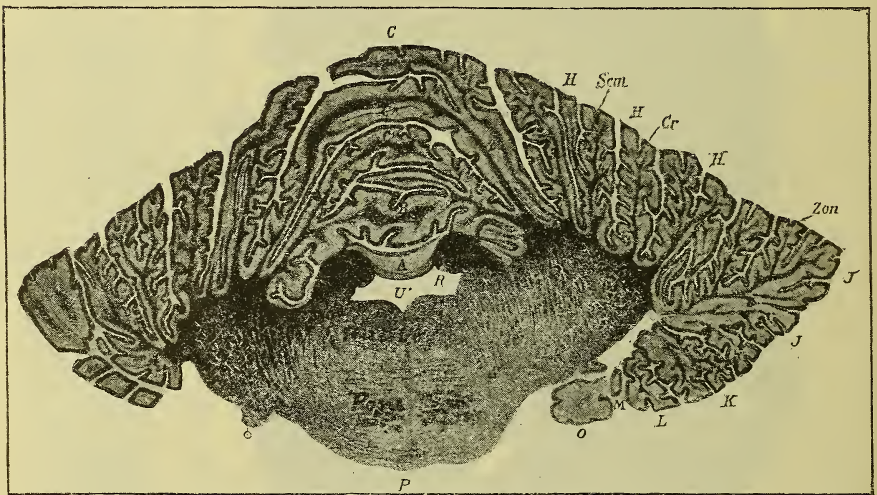


Fig. 99.

Schnitt nahe vor dem Culmen des Berges in frontaler Richtung durch das Cerebellum fallend, nach B. Stilling. *U** Ventriculus quartus, *R* Bindearm, *P* Pons. *Zon* Kreuzungszonen, nach innen von ihnen liegen die Vliessfasern. *Cr* Züge aus dem Corpus restiforme, gehen in die halbzirkelförmigen Fasern *Sem* über. *S* Gegend des Austrittes der Trigeminuswurzeln.

Das folgende Schema will im Wesentlichen die Ansichten Stilling's über die wichtigsten Faserzüge beim Menschen möglichst einfach wiedergeben.[1]) Es entspricht etwa einem Frontalschnitt weiter vorn als der in Fig. 99 abgebildete. Nur der Eintritt der Bindearme ist, um nicht allzusehr die Klarheit zu verwischen, an eine andere als die richtige Stelle gezeichnet, wie Sie durch Vergleich mit Fig. 99 sofort sehen. Die Bindearme sollten ja eigentlich dicht über dem Ventrikel liegen.

Nun sehen Sie zunächst die einzelnen Theile der Kleinhirnrinde durch bogenförmige Fasern, **Fibrae arciformes**, unter einander verbunden.

1) Die Faserung des Corpus restiforme nach eigenen Untersuchungen wesentlich modificirt.

Aus der Rinde heraus treten überall Fasern, die rasch, gleich den Aesten eines Baumes auseinanderfahrend, in den Markkern dringen. Sie heissen Dendritische Züge. Ehe sie aber das Corpus dentatum oder ciliare erreichen, verlieren sie sich wiederholt in dichtem Gewirr feiner Fasern, einem Gewirr, in dem man mehrere Zonen von deutlichen Kreuzungen, Kreuzungszonen, unterscheiden kann. Aussen um das Corpus ciliare liegen die nach ihm zustrebenden Fasern dicht, vielfach radiär um dessen graue Masse gestellt, in die sie eindringen, und welche sie zum Theil auch durchsetzen. Die ganze Masse dieser Fasern wird ihres Aussehens wegen mit dem Wollhaar eines Schafes verglichen und Vliess genannt.

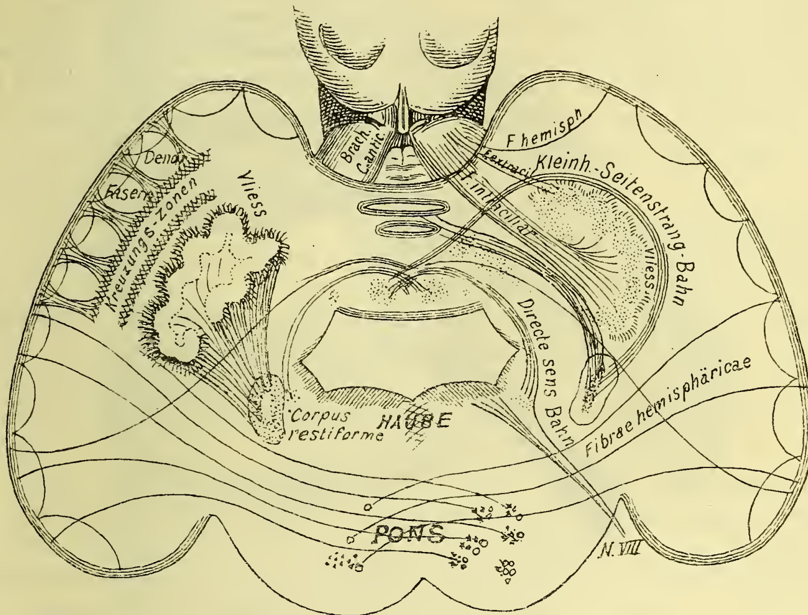


Fig. 100.
Schema des Faserverlaufes im Kleinhirn zur Erklärung des Ursprungs der Kleinhirnschenkel. Zu beachten ist die Zusammensetzung derselben aus intraciliaren, extraciliaren und hemisphärischen Fasern, besonders deutlich oben rechts am Bindearm.

Die Bindearme treten in das Corpus ciliare und lösen sich nahe dessen grauer Substanz in ein Fasergewirr auf. Dieses (intraciliare Fasern) steht direct, oder mit Einschaltung von Ganglienzellen, in Zusammenhang mit dem aussen um das Corpus ciliare liegenden Gewirr (der extraciliaren Fasern), dem Vliess. Aus ihm gehen ebenfalls Fasern in den Bindearm, desgleichen erhält er welche aus der Rinde der Hemisphären. So setzt sich also der vordere Kleinhirnschenkel zusammen aus 1) intraciliaren Fasern (Hauptmasse der Faserung), 2) extraciliaren Fasern, 3) Hemisphärenfasern. Letztere beiden Faserarten sind ihm nur in geringerer Quantität beigemengt.

Die Corpora restiformia entspringen zum guten Theil aus dem Vliess, führen also wesentlich extraciliare Fasern. Diejenigen Fasern aber,

welche, zumeist aus dem Rückenmark stammend, in ihren centralsten Theilen dahinziehen und schon im 7. Fötalmonat markhaltig werden, gehen theils direct zur dorsalen Rinde des Wurmes, theils umgreifen sie das Corpus dentatum von aussen her und wenden sich dann, über es wegziehend, zur ventralen Seite des Wurmes, wo sie sich zwischen den Kugelkernen verlieren. Etwas später als diese Fasern, aber doch vor der Hauptmasse des Corpus restiforme, wird ein Zug markhaltig, der aus der Gegend der Kugelkerne entspringt und medial vom hinteren Kleinhirnschenkel an der·

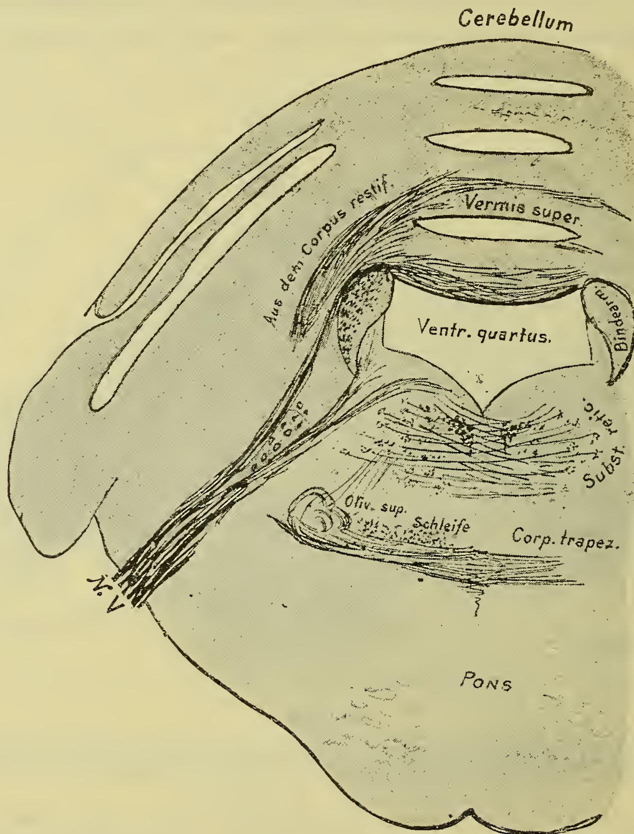


Fig. 101.
Frontalschnitt durch Cerebellum und Pons einer Frucht von 26 Wochen. Alle markhaltigen Fasern durch Hämatoxylin gefärbt.

Aussenwand des vierten Ventrikels herabzieht. Seine vordersten Fasern verlassen mit dem Nervus trigeminus das Gehirn, andere ziehen mit dem Acusticus heraus, und wieder andere wenden sich caudalwärts. Der letzteren werden dann in der Oblongata immer weniger, wahrscheinlich weil einige in die Glossopharyngeus- und Vaguswurzel eintreten. Doch kann man das betreffende Querschnittfeld bis dahin verfolgen, wo die Hinterstränge des Rückenmarkes enden. Der ganze Zug wird als directe sensorische Kleinhirnbahn bezeichnet. Ich werde später noch Gelegenheit

haben, Ihnen denselben in einigen Abbildungen zu zeigen, heute lege ich Ihnen einen Schnitt durch die Brücke einer Frucht aus dem 7. Schwangerschaftsmonate vor, an dem Sie den Theil der Bahn erkennen, welcher in den Trigeminus gelangt, Fig. 101.

Schliesslich wäre noch zu erwähnen, dass auch Fasern direct aus den Hemisphären in das Corpus restiforme gelangen sollen.

Die Brückenarme können direct weit in die entsprechende Hemisphäre hinein verfolgt werden (Hemisphärenfasern). Nahe der Rinde gehen sie im Fasergewirr verloren. Doch erhalten auch sie noch Fasern aus dem Vliess, also extraciliare Fasern.

Recapituliren wir das eben Gesagte nochmals, so finden wir den vorderen Kleinhirnschenkel wesentlich aus intraciliaren Fasern, den mittleren wesentlich aus Hemisphärenfasern, den unteren aus extraciliaren Fasern und solchen vom Dache des Wurmes aufgebaut. Doch erhält jeder Schenkel auch Zuzüge aus dem Ursprungsgebiete der beiden anderen Schenkel.

Der Bindearm und das Corpus restiforme bekommen auch noch einen Zuwachs aus dem Mark des Wurmes.

Es liegt im Mark der vorderen Partien des Wurmes eine Stelle, die vordere Kreuzungscommissur, an der sich zahlreiche Fasern kreuzen. Sie kommen aus den vorderen Läppchen, kreuzen sich vor den Dachkernen und treten in die entgegengesetzte Kleinhirnhälfte. Von da können sie in den Bindearm und das Corpus restiforme verfolgt werden. Ganz ebenso verhalten sich die Fasern aus dem hinteren Läppchen, welche hinten im Markkern des Wurmes eine hintere Kreuzungscommissur bilden.

Mitten in dem Markkern zwischen diesen beiden Commissuren liegt der Nucleus fastigii (Dachkern), um- und überzogen von Fasern, welche, aus dem horizontalen Ast des Arbor vitae stammend, beide Kreuzungscommissuren unter einander verbinden, zum Theil auch mit den Fasern der vorderen Commissur zu den Kleinhirnhemisphären ziehen. Die Dachkerne gehen mit allen diesen Fasern Verbindungen ein.

Das Aeussere des Kleinhirns ist durch Malacarne, Reil und Burdach so geschildert worden, wie wir es heute kennen. Die Erforschung des inneren Baues geschah durch F. Arnold, Reil, Kölliker, Meynert, namentlich aber durch B. Stilling. Neuere Untersuchungen über die Zusammensetzung der Arme stammen von Bechterew, Marchi und dem Verfasser. Ueber die Kleinhirnrinde existirt eine ganze Literatur, zu der namentlich Purkinje, Gerlach. Kölliker, F. E. Schultze, Obersteiner, Bevor Beiträge lieferten. Genauere Einsicht in den Bau erhielt man aber erst durch Studien von Golgi, Ramon y Cajal, Kölliker und Gehuchten. Hier wie an so vielen anderen Stellen hat erst die Verbesserung der technischen Methoden einen Fortschritt da ermöglicht, wo die eifrigste einfache Beobachtung nur wenig zu Tage förderte.

Erkrankungen der Kleinhirnschenkel werden isolirt nur äusserst selten beobachtet. So kommt es, dass über die Symptome, welche zu erwarten sind, wenn einer derselben befallen wird, nur recht wenig bekannt ist. Langsam eintretende Zerstörung eines Brückenarmes kann, wie es scheint, ganz symptomlos bleiben. Bei Erkrankungen, welche einen Reiz ausüben, bei Blutungen z. B.,

kommen manchmal Zwangsbewegungen, meist Rollungen, bald nach der gesunden, bald auch nach der kranken Seite vor. Auch Zwangshaltung des Rumpfes oder nur des Kopfes, desgleichen Zwangsstellung mit oder ohne Nystagmus sind bei reizend wirkenden Erkrankungen eines Brückenschenkels beobachtet.

Erkrankungen des Kleinhirns machen leicht durch Mitbetheiligung der benachbarten, eng bei einander liegenden Fasercomplexe in den Hirnschenkeln, der Brücke und Medulla oblongata Symptome, welche nicht auf Rechnung des Organs selbst kommen. Wenn wirklich nur Kleinhirnsubstanz durch Erkrankung ausfällt, sieht man Schwindel, Kopfschmerz, Erbrechen, Unsicherheit des Ganges (Ataxie) und vage Gefühle von Schwäche in den Extremitäten der gleichen und der gekreuzten Seite auftreten. Eigentliche Lähmungen oder Sensibilitätsstörungen fehlen. Zuweilen erleidet das Sehen schwere Beeinträchtigung, doch ist nicht zu entscheiden, wie weit das durch Mitbetheiligung der nahen Opticuscentren entsteht. Nicht selten treten Störungen der Psyche bei Kleinhirnleiden auf. Die Diagnose ist, da manche Kleinhirnkrankheiten ganz symptomlos verlaufen, und unter den oben genannten Erscheinungen keine ist, die nur vom Cerebellum her entstehen kann, meist sehr schwer, fast immer eine unsichere. Die Berücksichtigung von Symptomen, welche von den Nachbarorganen ausgehen (Oculomotoriuslähmung z. B.), ist meist von grosser Wichtigkeit.

Es scheint, als veranlassten hauptsächlich die Erkrankungen, welche den Wurm treffen, die Ataxie und den Schwindel.

Von den vielen als charakteristisch für Kleinhirnleiden oft betrachteten Symptomen treten die meisten nur auf, wenn auch die Bindearme oder die Brückenarme, wenn der Boden der Rautengrube oder die Vierhügelgegend direct oder indirect betheiligt sind.

Zehnte Vorlesung.

Die Wurzeln der peripheren Nerven, die Spinalganglien und das Rückenmark.

M. H.! Die peripheren Nerven führen bekanntlich motorische und sensible Fasern gemischt in ihrem Stamme. Nahe am Rückenmarke trennen sich diese aber von einander. Das Stämmchen, welches die motorischen Fasern enthält, geht direct als vordere Wurzel in das Rückenmark hinein.

Die sensibeln Fasern senken sich in das Spinalganglion.

In den Spinalganglien liegen grosse Zellen, die zuweilen zwei, meistens aber nur einen Ausläufer haben. Ist nur einer da, so theilt er sich aber (Ranvier) bald nach seinem Abgange von der Zelle in zwei, so dass also auch hier schliesslich zwei Zellfortsätze vorhanden sind.

Diese beiden Fortsetzungen aus den Spinalganglienzellen haben Sie schon in der zweiten Vorlesung kennen gelernt. Sie erinnern sich wohl noch aus dieser, dass nach den Beobachtungen von His die sensibeln Nerven aus den Zellen als peripheriewärts gerichtete Fortsätze auswachsen, dass aber dieselben Zellen auch zum Rückenmark eine Faser senden, die hintere Wurzel.

Da, wie Zählungen beim Erwachsenen zeigen, die hintere Wurzel annähernd so viele Fasern zum Marke führt, als durch den Nerven in das Ganglion eingetreten sind, so möchte es scheinen, als sei einfach in den Verlauf jeder Faser eine Zelle eingeschaltet.

Es ist aber eine wichtige Frage, ob wirklich alle sensibeln Nerven aus Zellen des Spinalganglions stammen. Auf dem Wege des Experimentes, der zuerst von Waller und mit Erfolg später noch oft beschritten wurde, ist es gelungen, sie völlig befriedigend zu lösen.

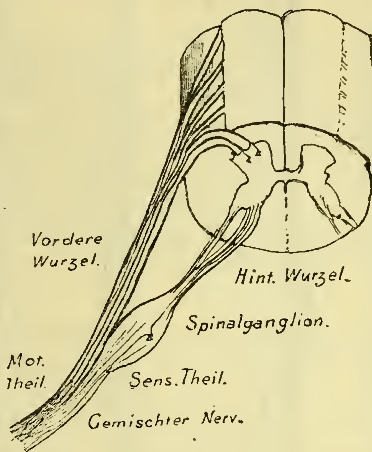


Fig. 102.
Schema der Beziehungen zwischen Rückenmark und Nervenwurzeln.

Jede Nervenfaser, welche von ihrer Ursprungsstelle getrennt wird, entartet. Schneidet man nun einen sensibeln Nerven dicht vor dem Spinalganglion ab, so gehen alle seine Fasern zu Grunde, das Ganglion selbst und die aus ihm entspringende Wurzel bleiben normal. Das beweist, dass der Schnitt alle Fasern von ihren Zellen getrennt hat. Schneidet man dicht hinter dem Ganglion die sensible Wurzel durch, so entarten im sensiblen Nerven nur einige wenige Fäserchen, die Mehrzahl bleibt erhalten. Sie muss aus Fasern bestehen, welche den Spinalganglienzellen entstammen, denn mit diesen ist sie ja in Verbindung geblieben. Die untergegangenen Fasern müssen aus dem Rückenmarke selbst stammen, denn nur von diesem, nicht von dem Ganglion sind sie ja getrennt. In der That liefert nun die Untersuchung der Wurzel nach diesem Versuche den Beweis dafür. Diese ist von ihrem Ganglion getrennt, und man findet nun, dass in ihr nur ganz wenige Fasern erhalten sind, die Mehrzahl aber zu Grunde gegangen ist. Die erhaltenen Fasern müssen im Rückenmarke ihren Ursprung haben, denn nur mit diesem hängen sie noch zusammen, die untergegangenen müssen aus dem Spinalganglion kommen, denn nur von diesem waren sie getrennt. Vgl. hierzu übrigens die einschränkenden Bemerkungen S. 4 und 5.

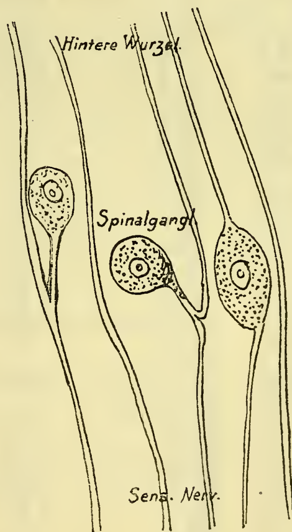


Fig. 103.
Schema der Faserung in einem Spinalganglion.

Die Versuche zeigen, dass aus dem Ganglion nach zwei Richtungen Zellfortsätze gehen, und dass andere, welche aus dem Rückenmarke stammen, es nur durchziehen. Demnach dürfte man sich die Beziehungen der sensiblen Wurzel zum

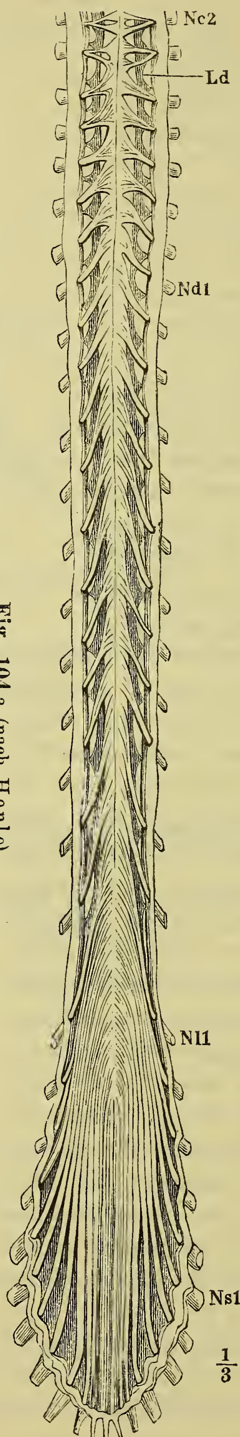


Fig. 104 a (nach Henle).

Das Rückenmark mit den eintretenden Nervenwurzeln von vorn. Die Stämme treten durch die Dura mater und entfalten sich dann fächerförmig am Mark entlang. Zwischen Dura und Rückenmark liegt ein gezahntes Aufhängeband, das Ligamentum dentatum *Ld*. *Nc*2 Nervus cervicalis II, *Nd*1 Nervus dorsalis I, *Nl*1 Nervus lumbalis I, *Ns*1 Nervus sacralis I.

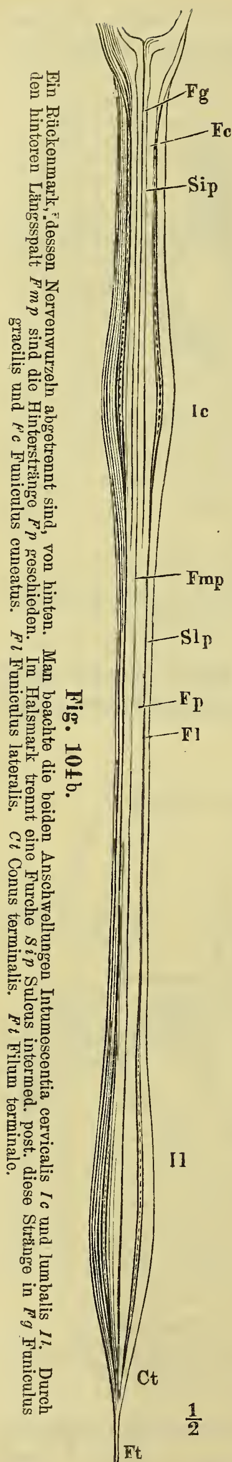


Fig. 104 b.

Ein Rückenmark, dessen Nervenwurzeln abgetrennt sind, von hinten. Man beachte die beiden Anschwellungen Intumescentia cervicalis *Ic* und lumbalis *Il*. Durch den hinteren Längsspalt *Fmp* sind die Hinterstränge *Fp* geschieden. Im Halsmark trennt eine Furche *Sip* Sulcus intermed. post. diese Stränge in *Fg* Funiculus gracilis und *Fc* Funiculus cuneatus. *Fl* Funiculus lateralis. *Ct* Conus terminalis. *Ft* Filum terminale.

Spinalganglion in der Weise denken, wie das Figur 103 abgebildete Schema sie darstellt.

Zwischen Spinalganglion und Rückenmark entfaltet sich sowohl die sensible, als die motorische Wurzel in eine Menge kleiner Faserstämmchen, „Wurzelfasern“, die auf eine lange Strecke in das Rückenmark eintreten, die sensibeln Fasern auf der Rückseite, die motorischen auf der Vorderseite in einen etwas seitlich liegenden Längsspalt. Die Zahl dieser Bündelchen ist nicht gleich für alle Wurzeln und ist auch bei verschiedenen Individuen öfters eine verschiedene.

Nach neueren Untersuchungen darf man für die Extremitätennerven nicht mehr annehmen, dass jede Wurzel zu einem bestimmten peripheren Nerv in Beziehung steht. Es ist nachgewiesen, dass in jeden Extremitätennerv eine ganze Reihe aus verschiedenen Wurzeln stammender Nervenfasern gelangen, und es ist sehr wahrscheinlich geworden, dass zwei gewöhnlich coordinirt arbeitende Muskeln von der gleichen Wurzel innervirt werden, auch wenn sie verschiedene Nerven bekommen. Der dies ermöglichende

Faseraustausch geschieht zum Theil in den Plexus (cervicalis, lumbalis u. s. w.), zum Theil erst im Stamme der grösseren Nerven, der auch als eine Art Plexus aufzufassen ist.

Nur wenige Fälle von Erkrankung der Spinalganglien sind bekannt. Ausser lebhaften Schmerzen wurde wiederholt als Symptom ein Herpes zoster intercostalis längs dem betreffenden Nerven nachgewiesen. Physiologische Beobachtungen — Gaule — sprechen dafür, dass irgend einem in den Spinalganglien enthaltenen Element vasomotorisch trophische Einflüsse auf die Haut und die Muskeln zukommen. Vielleicht sind hier die sympathischen Fasern in Betracht zu ziehen, die massenhaft die Zellen umstricken. Es soll aber nicht unerwähnt bleiben, dass wir starke Veränderungen der Spinalganglien bei Tabes durch Vulpian, Wollenberg u. A. kennen gelernt haben, welche ohne Herpes oder dergleichen verlaufen.

Die Wurzeln treten also längs des Rückenmarkes in dieses ein.

Da, wo starke Wurzeln aus den Extremitäten kommend herantreten, schwillt das Mark etwas an. Die Intumescentia cervicalis nimmt die Armnerven, die Intumescentia lumbalis die Beinnerven auf. Die schmalste Stelle des Rückenmarkes giebt den Intercostalnerven Ursprung. Das unterste, kegelförmig endende Stück des Markes heisst Conus terminalis; aus ihm entspringt ausser den Nerven ein langer dünner Fortsatz, das Filum terminale.

Die obere Begrenzung wird durch den Anfang der Pyramidenkreuzung (s. u.) gegeben.

Am Krankenbette tritt zuweilen die diagnostisch wichtige Frage an Sie heran, in welcher Höhe die Wurzeln entspringen, denen bestimmte gelähmte Muskeln oder anästhetische Hautpartien ihre Innervation verdanken. Man hat sich bemüht, diese Frage, der die reine Anatomie nie näher treten konnte, durch das Thierexperiment zu lösen. Für den Menschen ist wiederholt versucht worden, die Fälle, in denen localisirte Erkrankungen des Rückenmarkes (Quetschungen, Blutungen u. s. w.) zu bestimmten Störungen geführt hatten, in dieser Hinsicht zu verwerthen. Ich lege Ihnen heute, nur wenig modificirt, die Resultate vor, zu denen Starr auf diesem Wege gekommen, als er alle ihm 1890 zugänglichen Fälle vergleichend zusammenstellte. Wahrscheinlich ist da und dort bei weiterer Erfahrung noch Berichtigung nöthig.

Localisation der Function in den verschiedenen Segmenten des Rückenmarkes.

Segmente	Muskeln	Reflexe	Gefühlsinnervation der Haut
2.—3. Cervicalis	Sterno-mastoideus Trapezius Scaleni und Nackenmuskeln Diaphragma	Inspirat. bei raschem Druck u. d. Rippenbogen	Nacken und Hinterkopf
4. Cervicalis	Diaphragma Supra- und Infraspinatus Deltoides Biceps u. Coraco-Brachialis Supinator longus Rhomboidei	Erweiterung der Pupille auf Reizung des Nackens. 4. bis 7. Cervic.	Nacken Obere Schultergegend Aussenseite des Armes
5. Cervicalis	Deltoides	Scapular-Reflex 5. Cerv. bis 1. Dors.	Rückseite der Schulter und des Armes

Segmente	Muskeln	Reflexe	Gefühlsinnervation der Haut
	Biceps u. Coraco-Brachialis Supinator longus et brevis Pectoralis, pars clavicul. Serratus magnus Rhomboidei Brachialis ant. Teres minor	Sehnenreflexe der entspr. Muskeln	Aeussere Seite des Ober- und Vorderarmes
6. Cervicalis	Biceps Brachialis anticus Pectoralis, pars clav. Serratus magnus Triceps Extensoren der Hand und der Finger Pronatoren	Reflexe von den Sehnen der Extensoren des Ober- u. Unterarmes Handgelenksehnen 6.—8. Cerv.	Aeussere Seite des Vorderarmes Rücken der Hand, Radialisgebiet
7. Cervicalis	Caput longum Tricipitis Extensoren der Hand und der Finger Flexoren der Hand Pronatoren der Hand Pectoralis, pars costalis Subscapularis Latissimus dorsi Teres maior	Schlag auf die Vola erzeugt Schliessen der Finger Palmar-Reflex 7. Cerv. bis 1. Dors.	Radialisgebiet der Hand
8. Cervicalis	Flexoren der Hand und der Finger Kleine Handmuskeln	Papillarreflex (8. Cerv. u. 1. Dors.)	Medianusvertheilung
1. Dorsalis	Strecker des Daumens Kleine Handmuskeln Daumen- und Kleinfinger-Ballen		Ulnargebiet
2.—12. Dorsalis	Muskeln des Rückens und des Bauches Erectores spinae	Epigastr. 4.—7. Dors. Abdomen 7—11. D.	Haut der Brust, des Rückens, des Bauches und der oberen Glutäalregion
1. Lumbalis	Ileo-Psoas Sartorius Bauchmuskeln	Cremasterreflex 1.—3. Lumb.	Haut der Schamgegend Vorderseite des Hodensackes
2. Lumbalis	Ileo-Psoas Sartorius Flexoren d. Knies (Remak?) Quadriceps femoris	Patellarsehne 2.—4. Lumb.	Aeussere Seite der Hüfte
3. Lumbalis	Quadriceps femoris Einwärtsroller der Schenkel Adductores femoris		Vorder- und Innenseite der Hüfte
4. Lumbalis	Abductores femoris Adductores femoris Tibialis anticus Flexoren d. Knies (Ferrier?)	Glutäalreflex 4.—5. Lumb.	Innere Seite der Hüfte und des Beins bis zum Knöchel. Innenseite des Fusses
5. Lumbalis	Auswärtsroller der Hüfte Beuger d. Knies (Ferrier?) Beuger des Fusses Extensoren der Zehen Peronei		Rückseite der Hüfte, des Oberschenkels u. äusserer Theil des Fusses
1. u. 2. Sacralis	Flexoren des Fusses und der Zehen Peronei Kleine Fussmuskeln	Plantarreflex	Hinterseite des Oberschenkels, äussere Seite des Beines und Fusses
3.—5. Sacralis	Muskeln des Perineum	Achillessehne Blasen- und Rectalcentren	Haut über dem Sacrum, Anus, Perineum, Genitalien

Der Faserverlauf im Rückenmark, meine Herren, ist nur zu einem Theil bekannt. Zum Verständniss desselben ist es nothwendig, dass Sie sich mit dem Bilde, welches ein Schnitt quer durch das Organ bietet, voll vertraut machen.

Auf einem solchen Querschnitt erkennen Sie zunächst weisse Substanz in der Peripherie und graue Substanz in H-Form im Centrum. Die beiden Rückenmarkshälften sind getrennt durch die vordere und hintere Längsfurche, verbunden durch eine Commissur weisser Substanz vorn, grauer Substanz hinten. Die vordere Ausdehnung der grauen Substanz nennt man die Vorderhörner oder Vordersäulen, die hintere die Hinterhörner resp. Hintersäulen.

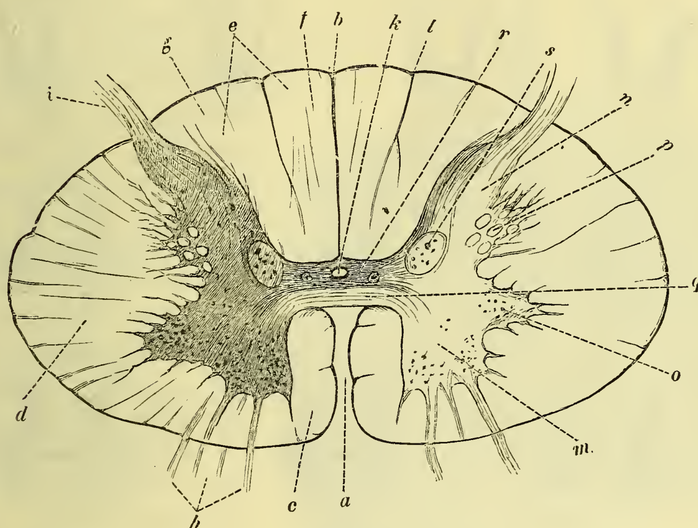


Fig. 105.

Halbschematischer Querschnitt des Rückenmarkes nach Erb. · *a* vordere, *b* hintere Längsfurche. *c* Vorderstrang, *d* Seitenstrang, *e* Hinterstrang. *f* Funic. gracilis, *g* Funic. cuneatus. *h* vordere, *i* hintere Wurzel. *k* Centralkanal. *l* Sulcus intermed. post. *m* Vordersäule, *n* Hintersäule. *o* Tractus intermedio-lateralis. *p* Processus reticulares. *q* vordere Commissur aus weisser Substanz, *r* hintere oder graue Commissur. *s* Clarke'sche Säule oder Columna vesicularis.

Die Vertheilung von weisser und grauer Substanz ist nicht in allen Querschnittshöhen die gleiche. Namentlich überwiegt vom oberen Lendenmark an abwärts entschieden die graue Substanz. Fig. 106 zeigt Querschnittsbilder aus den verschiedenen Höhen des Rückenmarkes.

Ausser der verschiedenen Vertheilung der beiden Substanzen wollen Sie an derselben noch beachten, wie der lateralste Theil des Vorderhornes im unteren Hals- und oberen Brustmark mehr und mehr selbständig wird und schliesslich (Fig. 106 D_1 und D_3) als eigener Fortsatz, Seitenhorn oder Tractus intermedio-lateralis genannt, sich abhebt. Im unteren Brustmarke verschwindet das Seitenhorn wieder. Auf Fig. 105 ist es bei *o* angegeben.

Im ganzen Hals- und im oberen Brustmarke ist hinter dem Tractus

intermedio-lateralis, im Winkel zwischen ihm und dem Vorderhorn, die graue Substanz nicht scharf abgegrenzt, sie geht vielmehr in ein Netz von grauen Balken und Zügen über, das weithin in die weisse Substanz hineinragt. Dieses Netz heisst Processus reticularis.

Am Conus terminalis hat die graue Substanz nur noch einen dünnen Ueberzug weisser Fasern (*Co* der Fig. 106).

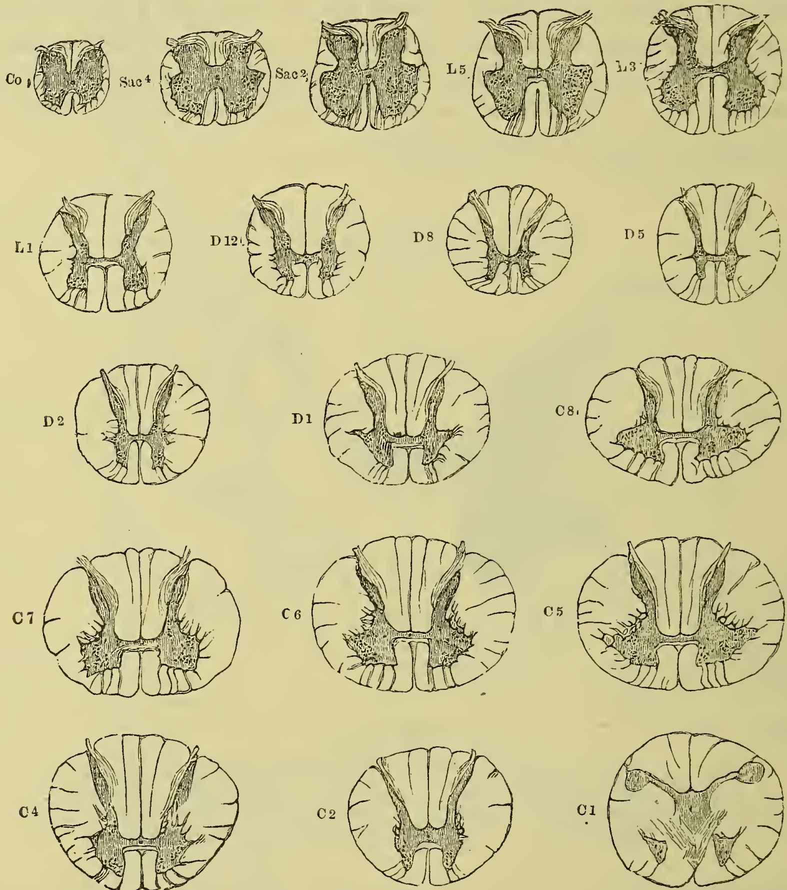


Fig. 106.

Schnitte durch das Rückenmark in verschiedenen Höhen. Die Buchstaben und Zahlen bezeichnen die Spinalnerven, deren Abgangshöhe die einzelnen Schnitte entsprechen. Nach Quain.

Ich will Ihnen nun zunächst beschreiben, was die einfache anatomische Untersuchung von Schnitten durch das Rückenmark lehrt.

Die Wurzelfasern der motorischen Nerven treten am Spinalganglion vorbei direct in das Rückenmark, durchziehen dessen weisse Substanz und senken sich in die Vorderhörner ein. Sehr wahrscheinlich ist, dass alle in ihnen enthaltenen Axencylinder sich so, wie es hier auf Fig. 107 abgebildet ist, mit je einer der grossen dort liegenden Ganglienzellen verbinden. Eine Vorderhornzelle mit vielen Ausläufern ist in Fig. 12 *D* ab-

gebildet. Nicht alle Zellen stehen in directer Verbindung mit Wurzelfasern.

Die Vorderhornzellen sind zumeist in Gruppen angeordnet. Welche Beziehung die einzelnen Gruppen zu den Wurzeln haben, ist nur theilweise bekannt. Voraussichtlich ist ein Gewinn für unser Wissen zu erwarten, wenn in allen Fällen, wo intra vitam ein Ausfall in der Peripherie sich wohl umgrenzen liess, post mortem eine sorgfältige, speciell auf die Localisation von veränderten Ganglienzellen gerichtete Untersuchung stattfindet. Jeder von Ihnen, meine Herren, kann berufen sein, uns hier voranzuhelfen. So wird es wichtig sein, dass Sie sich mit einer Eintheilung der Zellgruppen im Rückenmarkgrau bekannt machen, die, auf morphologische Befunde gestützt, das rein thatsächlich einstweilen Bekannte umfasst. Eine solche Eintheilung verdanken wir Waldeyer. Ich lege Ihnen in der Abbildung Fig. 108 (S. 150) dieselbe vor.

Die im Halsmark sehr gut abgegrenzten und im Lendenmark besonders zellreichen Gruppen sind im Brustmark weniger gut ausgeprägt, entsprechend dem geringeren Volum und vielleicht auch den andersartigen Functionen der dort entspringenden Nerven.

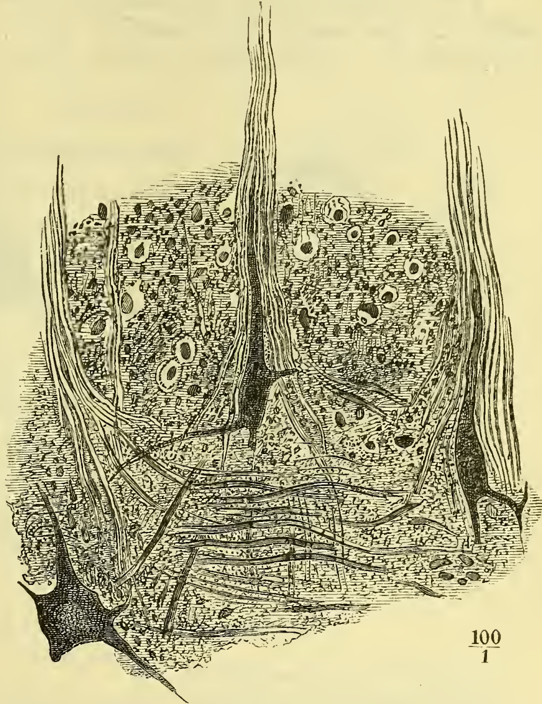


Fig. 107.
Vom vorderen Rande eines Querschnittes der grauen Vordersäule. Uebergang der Zellfortsätze in die vorderen Wurzeln. Carminpräparat $^{100}|_1$. Nach Henle.

Keine der Zellgruppen, ausser etwa der medialen hinteren Gruppe, ist durch die ganze Länge des Rückenmarkes continuirlich zu verfolgen. Manches spricht dafür, dass diese Gruppe der Innervation der Rückenmusculatur dient. Die lateralen Gruppen im Halsmark bilden nach Ergebnissen der Pathologie wahrscheinlich die Ursprungsstätte der Vorderarm- und Handmusculatur (Kaiser).

Die Wurzeln der sensiblen Nerven gelangen, nachdem sie das Spinalganglion passirt haben, zum Theil direct in das Hinterhorn, zum Theil in die weissen Hinterstränge. Der Zellencomplex des Spinalganglion ist der eigentliche Ursprungskern für die Mehrzahl dieser Fasern. Sie erinnern sich noch, dass, wie die Entwicklungsgeschichte lehrt, die Zellen dieses Ganglion peripherwärts in den Nerven, centralwärts in das Rücken-

mark auswachsen. Der centrale Ausläufer bildet das, was wir hintere Wurzel nennen. Mit ihm aber treten auch noch Fasern ein, welche nicht aus den Zellen der Spinalganglien stammen.

Die im Hinterhorn liegenden Ganglienzellen sind kleiner als die Vorderhornzellen. Meist haben sie eine der Spindel sich nähernde Gestalt. Ihr Axencylinder verzweigt sich entweder schon nahe an der Zelle zu einem feinen Flechtwerk, ähnlich dem in Fig. 12 unten links abgebildeten, oder er zieht in der Rückenmarksubstanz weiter. Nie geht er in eine periphere Nervenfaser über.

Zwei Gruppen treten im Hinterhorn durch ihre Form und Farbe auch schon für das nackte Auge deutlich hervor. Die Gruppe der Columna vesicularis, von Stilling zuerst, dann von Clarke genauer studirt,

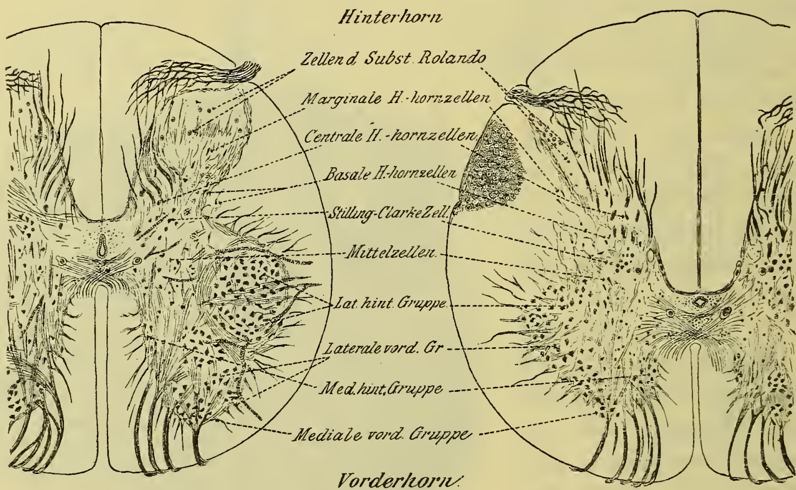


Fig. 108. Nach Waldeyer, wenig modificirt.

Schnitt durch den caudalen Theil der Halsanschwellung — die Lendenanschwellung.

Die Eintheilung beruht auf den Bildern, welche sich am reifen Rückenmarke mit Carmin darstellen lassen. Andere Methoden zeigen, dass, wenigstens am fötalen Marke, in einzelnen Gebieten sehr viel mehr Zellindividuen vorhanden sind, als hier gezeichnet wurden.

meist Clarke'sche Säule genannt (Fig. 105 *s*), liegt etwa da, wo Vorder- und Hinterhorn zusammenstossen. Ausser den Zellen enthält sie noch ein feines Fasergeflecht und Bündelchen ausserordentlich feiner, in der Längsaxe des Rückenmarkes verlaufender Nervenfasern.

Ihr rundlicher Querschnitt ist deutlich abgegrenzt nachweisbar nur etwa vom Ende der Halsanschwellung bis zum Anfang der Lendenanschwellung. Einzelnen Zellen von ähnlichem Aussehen wie die in der Säule enthaltenen begegnet man aber in ihrer Verlängerung bis in die Oblongata hinauf.

Schärfer noch als die Stilling-Clarke'sche Säule hebt sich vom Grau des Hinterhornes die Substantia gelatinosa Rolandi ab. Sie liegt an der Spitze des Hinterhornes und wird dort von zahlreichen eintretenden

Hinterwurzelfasern durchbrochen. So lange die Färbemethoden noch nicht genügend ausgebildet waren, blieb die Bedeutung dieser eigenthümlich glasig durchscheinenden Substanz immer unklar. Erst in den letzten Jahren ist es gelungen, in ihr Zellen nachzuweisen, welche ähnliche Charaktere zeigen, wie die in den Hinterhörnern liegenden.

Was aus deren Axencylindern wird, schien besonders schwer in einem Gebiete zu ermitteln, das ohnehin schon von unzähligen Axencylindern und Collateralen solcher durchzogen wird. Neuerdings konnte S. Ramon y Cajal zeigen, dass, bei der Taube wenigstens, die Axencylinder fusiformer Zellen

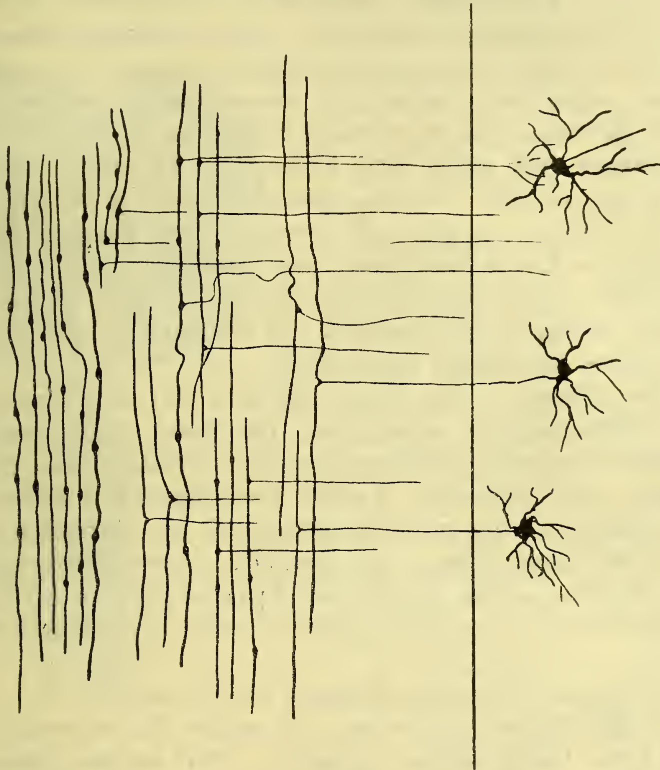


Fig. 109.
Längsschnitt durch den Seitenstrang vom neugeborenen Hunde. Die linke Hälfte der Zeichnung, nach einem Originalpräparat von Ramon y Cajal, zeigt Axencylinder, die Collateralen in die graue Substanz senden, und Axencylinder, die, aus Zellen dort kommend, sich in einen auf- und einen absteigenden Ast theilen. Die Zellverbindungen rechts sind Schema.

(Marginale Zellen der Fig. 108), welche die Peripherie der Rolando'schen Substanz umgeben, in den dorsalen Theil des Seitenstranges gerathen, und dass die aus den mehr sternförmigen schmalen Zellen, welche in der Substanz selbst liegen, in den benachbarten Hinterstrang und in die sogenannte Randzone des Hinterhorns eintreten. Die letzteren Zellen besitzen nicht einen, sondern mehrere Ausläufer vom histologischen Charakter eines Axencylinders.

Die weisse Substanz, welche die graue umgiebt, besteht wesentlich aus in der Längsaxe des Rückenmarkes verlaufenden Fasern, zu denen

noch die schräg aufsteigenden Fasern der Nervenwurzeln und eine gewisse Anzahl von anderen Fasern kommen, welche mehr oder weniger senkrecht zur Längsaxe aus der grauen Substanz heraus zu den weissen Fasersträngen ziehen. Die Nervenfasern haben einen Axencylinder und eine Markscheide. Die Breite der letzteren wechselt sehr. Eine Schwann'sche Scheide fehlt ihnen.

Der Axencylinder ist ein längsgestreiftes Gebilde überall, wo man ihn bisher untersucht hat. Wahrscheinlich besteht er aus zahlreichen einzelnen Fäserchen. Neuere Untersuchungen haben nun gezeigt, dass die Axencylinder der im Rückenmarke verlaufenden Nervenfasern nicht sich als Ganzes in die Endstätten innerhalb der grauen Substanz einsenken, sondern dass es sich hier um eine Art Aufsplittern handelt. An allen langen Nervenfasern sieht man innerhalb der weissen Stränge und auch innerhalb der grauen Substanz, dass in gewissen Abständen, senkrecht zur Axe, ein feines Fäserchen sich ablöst, dass dieses nach der grauen Substanz hinstrebt, und man erkennt zuweilen, dass es dort sich in einen feinen Pinsel auflöst. Die Stelle, wo diese „Collateralen“ vom Stamme abgehen, ist meist durch eine kleine Verdickung gekennzeichnet.

Das Rückenmarkweiss ist von zahlreichen radiär gestellten Septen durchzogen. In diesen, die wesentlich von Neuroglia gebildet sind, dringen die Randgefässe des Markes in die Tiefe.

Die Nervenfasern in der weissen Substanz sind alle von einem dichten Netz von Neurogliafasern umsponnen. Die Fasern gehen unmittelbar in die viel dichter liegenden Gliafasern der grauen Substanz über. Sie kreuzen sich vielfach unter einander. An den Kreuzungsstellen erkennt man oft dünne Zellplättchen, die mit den mannigfach sie überziehenden Fasern zusammen bei Carminfärbung den Eindruck grosser sternförmiger Zellen machen. Man hat solche Gebilde als Spinnenzellen, Deiters'sche Zellen, bezeichnet. In der Fig. 10 sehen Sie solche „Spinnenzellen“, ebenso in Fig. 12.

Die Neuroglia der grauen Substanz ist viel dichter.

An einigen Stellen sind sogar nur wenige Nervenfasern und keine oder fast keine Ganglienzellen vorhanden. Dort ist das Gliagewebe das einzige Constituens, und diese Stellen sind deshalb für das blosse Auge blassgrau durchscheinend. Eine stärkere Gliaansammlung befindet sich in der Umgebung des Centralcanales, sie heisst Substantia gelatinosa centralis. Auch die ganze Peripherie des Rückenmarkes ist von einem dünnen Mantel fast reiner Gliasubstanz überzogen, der gelatinösen Rindenschicht (Fig. 108 aussen). Für die Epithelien des Centralcanals vergl. Fig. 11.

Soviel lässt sich durch die Untersuchung von Schnitten durch reife Rückenmarke ermitteln.

Man ist aber in der Erkenntniss des feineren Baues viel weiter gekommen.

Durch die eintretenden Wurzeln und durch die Längsfurchen wird das Rückenmark, wie ein Blick auf den Querschnitt zeigt, in einzelne Stränge abgetheilt. Medial von den Wurzeln liegen die Vorder- resp. Hinterstränge, lateral von ihnen die Seitenstränge.

Das Studium der Entwicklungsgeschichte, sowie die Untersuchung gewisser Krankheiten des Rückenmarkes haben gelehrt, dass diese Vorder-, Hinter- und Seitenstränge nicht einheitliche, gleichwerthige Fasermassen sind, wie es wohl bei Betrachtung des Querschnittes eines gesunden Rückenmarkes vom Erwachsenen scheinen mag, dass sie sich vielmehr aus mehreren Abtheilungen zusammensetzen.

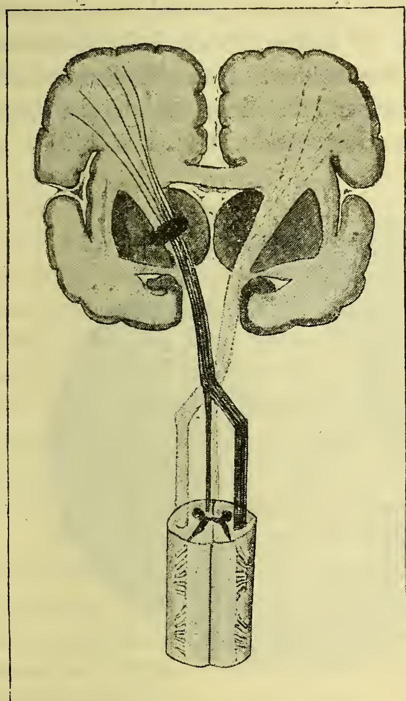


Fig. 110.
Schema der absteigenden Degeneration in der Pyramide bei einem Krankheitsherd in der Capsula interna links.

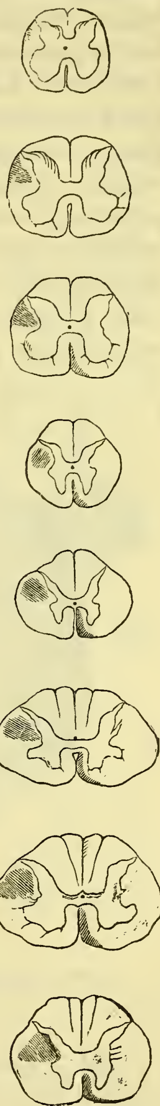


Fig. 111.
Secundäre absteigende Degeneration nach einem Erkrankungsherd in der linken Grosshirnhemisphäre. Nach Erb.

Sie erinnern sich wohl noch der Pyramidenbahn, jenes Faserzuges, den wir von der Rinde der motorischen Region durch die Kapsel und den Hirnschenkelfuss bis in die ventralen Theile der Brücke verfolgt haben. Lassen Sie uns zunächst suchen, wohin sich diese Bahn im Rückenmark begiebt. Es ist nicht so schwer, sie dort zu finden. Wenn sie nämlich irgendwo in ihrem langen Verlaufe durch einen Krankheitsherd zerstört wird, so schwinden allmählich ihre Nervenfasern; sie werden durch Bindegewebe ersetzt. Diese Entartung, welche man als secundäre Degeneration bezeichnet, setzt sich nach abwärts bis in das Rückenmark fort. Sie nimmt da zwei Stellen ein: einmal den innersten Theil des Vorderstranges derjenigen Seite, wo die Zerstörung im Hirn liegt, und dann ein grosses Gebiet im Seitenstrang der gekreuzten Seite. Hoch oben, da wo die Oblongata beginnt, sieht man, dass jener gekreuzte Theil sich

hinüber zum ungekreuzten begiebt, sich also mit der nicht degenerirten Pyramidenbahn kreuzt.

Die Bahn, welche also von der Degeneration in absteigender Richtung befallen wird, heisst, wie im Gehirn, so auch im Rückenmark Pyramidenbahn. Sie zerfällt in letzterem in die Pyramiden-Vorderstrangbahn (innerste Partie der Vorderstränge) und in die Pyramiden-Seitenstrangbahn (in der hinteren Hälfte der Seitenstränge). Es ist Grund zur Annahme vorhanden, dass diese Pyramidenbahnen die Mehrzahl der Fasern vom Gehirn zum Rückenmark führen, welche der bewussten Bewegung dienen. Sie entarten nur absteigend, ihre Nerven schwinden regelmässig, wenn der Querschnitt der Bahn irgendwo im Gehirn oder auch im Rückenmark zerstört wird. Zur Zeit der Geburt haben beim Menschen alle Bahnen im Rückenmark ihre Myelinscheiden. Nur der Pyramidenbahn fehlen sie noch. Beim Neugeborenen erscheinen daher die Pyramidenbahnen grau im weissen Rückenmarksquerschnitt (s. Fig. 112).

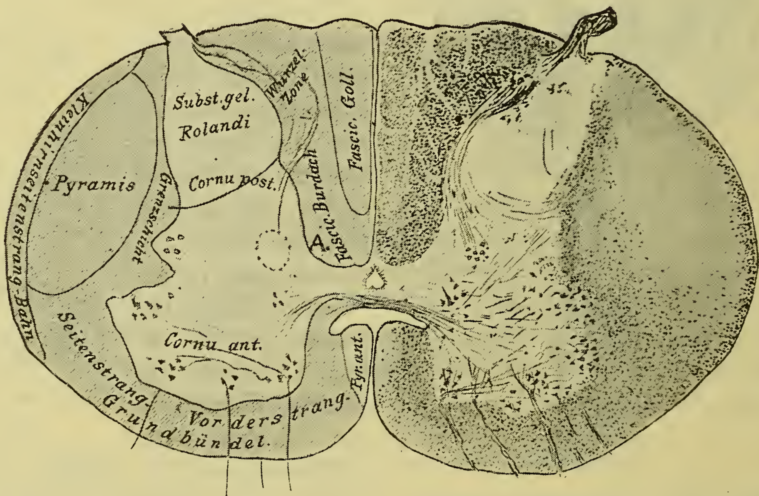


Fig. 112.

Querschnitt durch das Halsmark eines Neugebornen. Die Pyramidenbahnen ohne markhaltige Fasern, durchscheinend hell. Die Pyramiden-Vorderstrangbahn ragt weit in die Peripherie des Vorderseitenstranges hinein.

Bei Thieren ist die Pyramidenbahn entsprechend der geringeren Ausdehnung der Grosshirnrinde immer dünner als beim Menschen. Auch bei diesem enthält sie wahrscheinlich nur Fasern für diejenigen Muskeln, welche vorwiegend unter Inanspruchnahme der Rinde — also überlegt und eingeübt — gebraucht werden. Jedenfalls nimmt sie nach Abgabe des für die Innervation der oberen Extremitäten bestimmten Theiles erheblich ab, bleibt im Brustmark wesentlich gleich stark und verliert nach Abgabe der Fasern für die Unterextremitäten so an Volum, dass sie im unteren Lendenmark so gut wie verschwunden ist. Untersuchungen dieser Bahn an Thieren, die sich vorwiegend der Hände bedienen — Affen, Grabthiere — und an solchen, die wesentlich mit den Hinterextremitäten arbeiten — Beutler etwa — wären erwünscht. Sie

müssten sich aber auf entwicklungsgeschichtliche oder degenerative Facta stützen, denn nur solche gestatten ein reines Ausscheiden der Pyramidenbahn.

Die Untersuchung secundär degenerirter Rückenmarke lässt uns in die Zusammensetzung der weissen Stränge aber noch ein Stück weiter eindringen. Schneiden wir ein Rückenmark, das durch Druck oder eine andere Schädigung im Brusttheil unterbrochen ist, so finden wir, wie es nach dem Ihnen eben Vorgetragenen zu erwarten ist, caudal vom Herde der Erkrankung die unterbrochenen Pyramidenbahnen jederseits absteigend degenerirt. Aber auch cerebral von der Unterbrechungsstelle zeigt sich eine Degeneration. Sie nimmt anfangs das ganze Areal der Hinterstränge ein, beschränkt sich aber, einige Wurzelhöhen weiter, auf die mediane, der hinteren Incisur anliegende Partie derselben. Leicht können wir an solchen Präparaten die Hinterstränge trennen in äussere und in innere Stränge. Was hier aufsteigend (bis in die Oblongata) degenerirt, sind Fasern der hinteren Wurzeln, welche von ihren Ganglienzellen, in den Spinalganglien, abgetrennt sind. Führt man experimentell die Durchschneidung dieser Wurzeln ganz nahe am Rückenmark aus (Singer), so bekommt man ganz genau das gleiche Degenerationsbild. Dicht über der Durchschneidungsstelle sind die äusseren und die inneren Hinterstränge degenerirt, weiter oben aber, wo neue, gesunde Wurzelfasern wieder eingetreten sind, legen diese sich aussen von den kranken an, und es rücken so, je höher man kommt, die entarteten Fasern immer näher an die Medianlinie.

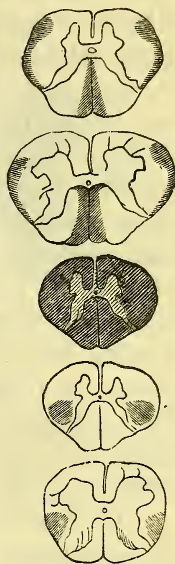


Fig. 113. Secundäre auf- und absteigende Degeneration bei einer Querschnittsaffection im oberen Brustmark. Nach Strümpell.

Was wir eben durch die Untersuchung der degenerirten Hinterstränge erfahren haben, das bestätigt das Studium der Markscheidenentwicklung. Auch es lehrt, dass dort mindestens zwei Fasergebiete enthalten sind: ein äusseres Gebiet, gewöhnlich als Grundbündel der Hinterstränge, auch als Keil- oder Burdach'sche Stränge bezeichnet, und ein inneres, den man den Namen der zarten Stränge oder auch der Goll'schen Stränge gegeben hat. Am normalen Marke des Erwachsenen sind die beiden Hinterstrangtheile[1]) nur im Halsmark deutlich durch Bindegewebssepten von einander geschieden, auf caudaleren Querschnitten kann man sie nur erkennen, wenn einer von beiden erkrankt und deshalb durch eine andere Färbung ausgezeichnet ist. Die Goll'schen Stränge nehmen von unten nach oben bis in das untere Brustmark an Stärke zu, weil sie Theile der fortwährend eintretenden hinteren Wurzeln aus den sensorischen Nerven der Beine der Medulla oblongata zuführen.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass in den Hintersträngen noch mehr

---

1) Funiculus cuneatus und Funiculus gracilis in Fig. 105.

Unterabtheilungen zu machen sind. Die Art, wie manche Erkrankungen sich in ihnen ausbreiten, namentlich auch gelegentliche, vom Beschriebenen abweichende Bilder bei der secundären Degeneration lassen das vermuthen.

Das Gebiet ganz nahe an der grauen Commissur, das in Fig. 112 links mit *A* bezeichnet ist, muss ein eigenes Fasersystem enthalten, weil es, bei der Tabes z. B., nie mit erkrankt, wenn auch die anderen Theile der Hinterstränge degeneriren. Man kann es als ventrales Feld der Hinterstränge bezeichnen.

Die Hinterstränge bestehen aus den eintretenden Fasern der hinteren Wurzeln. Diese Wurzeln sind so angeordnet, dass die eintretende immer am weitesten lateral, dicht an den Hinterhörnern liegt (Wurzelzone des Hinterstranges), dass aber die nach ihr, d. h. über ihr zum Rückenmark gelangende Wurzel ihre Vorgängerin nach innen schiebt. So kommt es, dass oben im Halsmark die Fasern aus den Unter-Extremitäten wesentlich in den Goll'schen Strängen zu suchen sind, während die Burdach-schen Stränge noch sehr viele Fasern aus den oberen Extremitäten führen. Sie dürfen sich nun, meine Herren, nicht vorstellen, dass die genannten Hinterstrangtheile die Gesammtmasse der Fasern einer hinteren Wurzel nach oben führen. Viele Fasern gelangen vielmehr gleich nach dem Eintritt der Wurzel in die graue Substanz, andere biegen während ihres Verlaufes im Hinterstrang erst dorthin um. Deshalb liegen in den oberen Theilen des Markes nur relativ wenige von den tief unten eingetretenen Fasern im Hinterstrang. Experimentell hat man das dadurch eruirt, dass das degenerirende Querschnittsfeld einer durchschnittenen Hinterwurzel immer kleiner wurde, wenn es nach oben hin verfolgt wurde. Gleichzeitig rückte es nach innen.

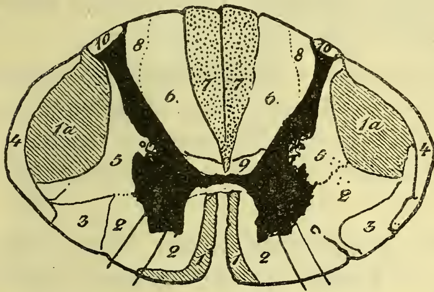
Im obersten Theile des Rückenmarkes enthalten die Keilstränge Fasern, die nicht direct aus den Hinterwurzeln stammen. Ihre Herkunft ist unsicher. Ein Theil der hinteren Wurzel gelangt in die Umgebung der Zellen der Clarke'schen Säule und splittert da auf (Fig. 109). Aus der Clarke'schen Säule entspringt eine neue Rückenmarksbahn. Durchschneidet man das Rückenmark quer, so entartet das Fasergebiet, in welchem diese Bahn frontalwärts zieht.

Es ist das peripher in den Seitensträngen liegende Querschnittsfeld 4 der Fig. 114. Diese Bahn kann bis hinauf in den Wurm des Cerebellum verfolgt werden. Es ist wesentlich Verdienst der entwicklungsgeschichtlichen Forschung (Flechsig), dass wir die Kleinhirn-Seitenstrangbahn kennen und vom übrigen Seitenstrang abgrenzen lernten. In den ersten Lebenswochen, wo die Pyramidenbahn noch marklos ist, umgiebt die Kleinhirnbahn als zarter weisser Saum einen grossen Theil der Seitenstrangperipherie (Fig. 112).

Neuere Untersuchungen (Löwenthal, Mott) haben gezeigt, dass der ventrale Abschnitt der Kleinhirnseitenstrangbahn, den Gowers schon als Anterolateral Tract auf Grund pathologischer Erfahrungen abgetrennt hatte, nicht aus den Zellen der Clarke'schen Säule, sondern aus anderen

Zellen der grauen Substanz entspringt. Er verläuft zwar bis in die Oblongata gemeinsam mit dem dorsalen Abschnitt, trennt sich aber dann von ihm, um etwas weiter frontalwärts ziehend sich erst mit den Bindearmen in den Oberwurm des Cerebellum zu senken.

So hätten wir denn bislang an der Hand des Studiums secundärer Degenerationen und der Entwicklungsgeschichte die folgenden Unterabtheilungen — Strangsysteme ist der Name, den man ihnen gegeben — der weissen Substanz kennen gelernt: In den Vordersträngen die Pyramiden-Vorderstrangbahn. In den Seitensträngen die Pyramiden-Seitenstrangbahn und die Kleinhirn-Seitenstrangbahn. In den Hintersträngen die Grundbündel und die zarten Stränge.



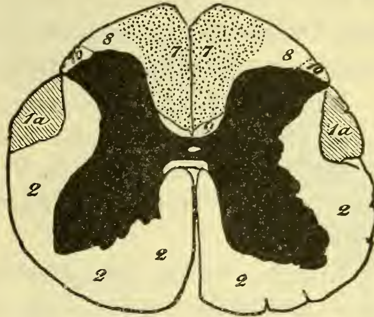


Fig. 114. **Fig. 115.**

Schnitt durch das Cervical- und durch das Lumbalmark mit Einzeichnung der ungefähren Grenzen zwischen den einzelnen Abtheilungen des Markmantels. Unter Benutzung der entwicklungsgeschichtlichen Grundlagen wesentlich nach Präparaten mit secundären Degenerationen des einen oder anderen Systems. 1a Pyramiden-Seitenstrangbahn. 1 Pyramiden-Vorderstrangbahn. 2 Grundbündel der Vorderseitenstränge. 3 Fasciculus anterolateralis. 4 Kleinhirn-Seitenstrangbahn. 5 Soitliche Grenzschicht der grauen Substanz. 6 Aeussere Burdach'sche Hinterstränge, sind im Lendenmark nicht vorhanden. 7 Innere Goll'sche Hinterstränge. 8 Wurzeleintrittszone. 9 Ventrales Feld der Hinterstränge.

In die Umrisse der Fig. 114 u. 115 sind nun alle die Abtheilungen des Markweisses, welche Sie bisher kennen gelernt, eingezeichnet. Noch nicht erwähnt ist das vom Vorderstrang bis in den Seitenstrang reichende Gebiet 2. Dieses von den vorderen Wurzeln durchquerte Areal heisst Vorderseitenstrangrest. Der Theil, welcher in den Vordersträngen liegt, wird auch als Grundbündel der Vorderstränge bezeichnet. Der Seitenstranganthell hat den Namen vordere gemischte Seitenstrangzone erhalten.

Die Fasern in den Vorderseitenstrangresten entstammen zum Theil den vorderen Wurzeln, zum Theil der grauen Substanz; sie bauen sich ausserdem auf aus den centralen Fortsetzungen der sensorischen Bahnen. Das mit 5 bezeichnete Feld (seitliche Grenzschicht der grauen Substanz) enthält directe Fortsetzungen von Wurzelfasern, welche nach Durchquerung des Hinterhornes (s. Fig. 112 rechts) dort aufsteigen.

Lassen Sie uns jetzt, nachdem uns die allgemeinen Verhältnisse der Zusammensetzung des Rückenmarkes bekannt geworden, sehen, was aus

den eintretenden Wurzelfasern wird, deren Verfolgung wir oben aufgegeben haben; lassen Sie uns untersuchen, wie weit ihr Verlauf im Centralorgan erforscht ist. Nicht Form und Gestaltung der Theile des Centralnervensystems sind es ja, die uns hier wesentlich interessiren; auf den Zusammenhang der Theile, auf die Beziehungen, in denen die Faser zur anderen Faser und zur Zelle steht, auf diese Verhältnisse haben wir unsere Forschung im Grunde zu richten.

Sanft ansteigend treten mitten durch die Vorderseitenstränge die Züge der vorderen Wurzel. Auf eine lange Strecke des Markes ist jede einzelne ausgebreitet. An der Grenze der grauen Substanz angekommen, fahren die Fasern jedes Bündelchens aus einander. Der Angaben über das, was dann aus ihnen wird, besitzen wir viele und sich oft widersprechende. Die folgende Darstellung, welche sich vielfach auf eigene Untersuchung stützt, versucht das Wichtigste zu vereinen.

Zunächst ist als sichergestellt anzunehmen, dass Fasern der vorderen Wurzel zu Ganglienzellen der Vorderhörner gelangen, resp. in deren Axencylinderfortsatz übergehen (s. Fig. 107). Einige Wurzelfasern treten zu Zellen des gekreuzten Vorderhornes, indem sie die vordere Commissur überschreiten.

Gründe, welche die pathologische Beobachtung bietet, haben schon lange erschliessen lassen, dass zu den Kernen der motorischen Nerven Fasern aus den beiden Pyramidenbahnen treten. Es ist nicht schwer zu sehen, dass aus dem Areal der Pyramiden-Vorderstrangbahn zahlreiche Fäserchen, die Commissura anterior überschreitend, in das gekreuzte Vorderhorn eintreten. Die meisten dieser Fasern sind Collateralzweige aus den längs verlaufenden Nervenfasern der Pyramidenbahn. Sie lösen sich im Vorderhorn in feine Pinselchen auf, und diese Pinsel umspinnen die Ganglienzellen. Erst in der letzten Zeit ist es gelungen, auch die postulirte Verbindung mit der Pyramiden-Seitenstrangbahn sicher zu sehen. Wieder handelt es sich in der Hauptsache um Collateralen, die sich von jener Bahn lösen und in das Vorderhorn ihrer Seite direct eintreten, wo sie sich zu feinen Fasern aufsplittern.

Die Pyramidenbahn ist also die secundäre motorische Bahn. Sie tritt durch innigen Contact ihrer Axencylinder in Beziehung zu den Ursprungszellen der primären motorischen Bahn. Schematisch habe ich Ihnen das schon früher in Fig. 13 vorgelegt.

Am reifen menschlichen Rückenmarke lassen sich diese Verhältnisse nicht erkennen. Man muss embryonale Marke, wo die Pyramiden noch marklos sind, nehmen, sie nach der schnellen Methode Golgi's mit Silber behandeln und dann Längsschnitte und Schrägschnitte anfertigen. Auf solchen gelingt es dann oft, die von den Pyramidenbahnen in rechtem Winkel abgehenden Collateralen zu sehen und in die graue Substanz zu verfolgen (vergl. Fig. 109). Diese Züge müssen später markhaltig sein. Denn in Fällen von Degeneration der Pyramidenbahn findet man immer das gleichseitige Vorderhorn ärmer als normal an markhaltigen Fasern (Fürstner).

Bedeutende Schwierigkeiten stellen sich der Erforschung des Verhaltens der hinteren Wurzel entgegen.

Die Fasern der Hinterwurzel theilen sich gleich nach ihrem Eintritt alle oder fast alle in auf- und absteigende Aeste. Aus diesen entspringen dann zahlreiche Seitenwege, die theils in die graue Substanz, theils in die Hinterstränge eintreten. (S. Fig. 116. 1—5).

Das Verhalten der einzelnen Wurzelantheile ist ein sehr verschiedenes, die Verhältnisse sind, soweit wir sie heute kennen, recht complicirte. Ich möchte daher ausdrücklich Sie bitten, das Folgende nur unter fortwährender Benutzung der Fig. 116 zu studiren. Die Abbildung soll wieder-

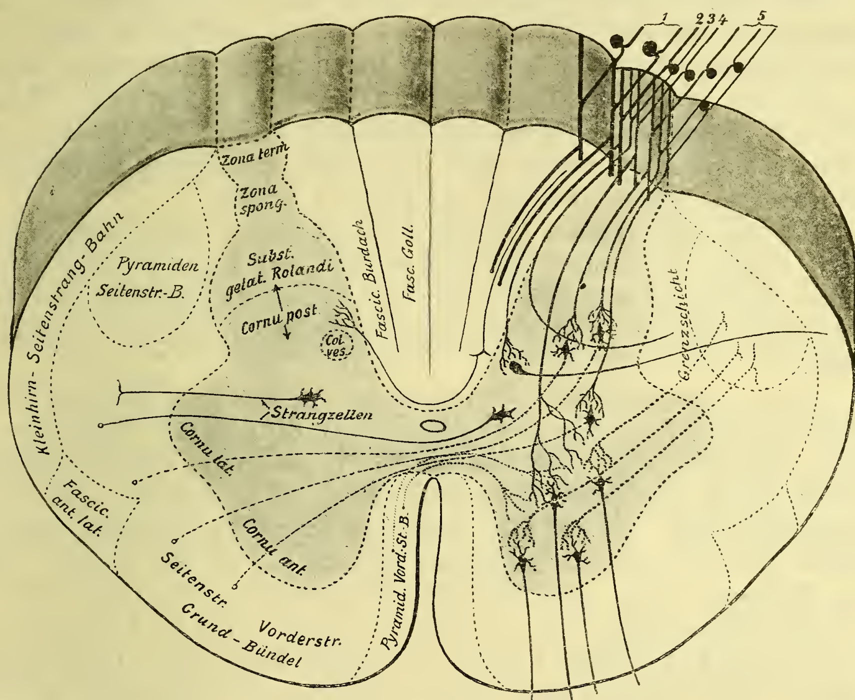


Fig. 116.
Schema eines Rückenmarksquerschnittes, in das der centrale Verlauf einiger wichtigen Züge eingezeichnet ist. Man vergleiche auch die nicht schematische Fig. 112 rechts. Bahnen erster Ordnung ausgezogen, Bahnen zweiter Ordnung punktirt.

geben, was augenblicklich bekannt ist. Sie lehnt sich, namentlich was die relative Fasermenge angeht, nicht an Präparate an. Ihr Zweck ist nur der, den Text zu ergänzen.

Auf einem Querschnitt durch das Rückenmark erkennt man, dass die hintere Wurzel da, wo sie eintritt, mindestens 5 Theile unterscheiden lässt.

Die am weitesten medial gelegenen Bündel (1), zumeist aus grobkalibrigen Fasern zusammengesetzt, gelangen fast alle in der Höhe ihres Eintrittes sofort in die Hinterstränge (Wurzeleintrittszone). Sie haben schon erfahren, dass sie hier hirnwärts ziehen. Das Verhalten der Wurzel bei der secundären Degeneration, welche ihrer Durchschnei-

dung folgt, hat gelehrt, dass eine in den Hinterstrang direct eingetretene Wurzel von der nächst höher eintretenden medialwärts gedrängt wird, dass so die caudalen Wurzeln oben, nahe der Mittellinie, in den Goll'schen Strängen liegen, und dass die Burdach'schen Stränge sich zum guten Theil aus solchen eintretenden und schräg aufwärts verlaufenden Wurzelfasern aufbauen. Sie haben auch schon erfahren, dass während dieses Nach-innen-rückens fortwährend Fäserchen an die graue Substanz abgegeben werden.

Gleich nach dem Eintritt sendet jede Faser, ehe sie cerebralwärts abbiegt, einen Zweig caudalwärts. Sein weiteres Verhalten ist unbekannt.

Mit diesen Fasern gelangen (2) solche von gleicher Stärke in das Rückenmark, die sich nicht medialwärts wenden, sondern im Bogen die weisse Substanz durchziehen, um sich lateral in der Clarke'schen Säule zu verlieren, wo sie um Zellen herum aufsplittern. S. Fig. 109. Einige Fasern (3) durchbrechen direct das Hinterhorn ventral von dessen Substantia gelatinosa und ziehen dann in der dem Seitenstrang angehörigen „Grenzschicht" weiter. Sie sind auf Fig. 112 deutlich.

Die eben geschilderten Antheile der Hinterwurzel liegen medialwärts von der Spitze des Hinterhorns. Lateral von ihnen liegen (4) Bündelchen starker Fasern, die sich weithin durch die Substantia gelatinosa und das Hinterhorn hindurch bis zu den grossen Zellen des Vorderhorns verfolgen lassen.

Weiter lateral liegen (5) Wurzelfasern, welche nach längerem oder kürzerem Verlaufe *in die graue Substanz eintreten.* Diese Fasern spalten sich alle, gleich nachdem sie die Peripherie der grauen Substanz erreicht haben, oder auch erst innerhalb derselben in einen auf- und einen absteigenden Ast. Manche von ihnen, namentlich starkfaserige, durchmessen erst die Substantia gelatinosa Rolandi, ehe sie sich theilen. Aus den Theilästen treten dann zahlreiche Collateralen in das Grau, besonders des Hinterhornes, *wo sie sich, kleinen dünnen Pinselchen gleich, um die Zellen verästeln,* welche dort liegen. Die feineren Fasern zerfallen zumeist schon an der Peripherie des Hinterhorns in ihre Theiläste. So entsteht zwischen Hinterhornspitze und Rückenmarkperipherie ein Feld, das von den auf- und absteigenden dünnen Fäserchen durchzogen wird (*Randzone, Zona terminalis*). Aus der Randzone gehen dann fortwährend feine Fäserchen in ein zwischen ihr und der gelatinösen Substanz liegendes Netzwerk — *Zona spongiosa* —, und erst aus diesem Netz entwickeln sich dann wieder feine Züge, welche die gelatinöse Substanz durchziehen und in das Fasergewirr, welches das Hinterhorn erfüllt, gelangen. Wahrscheinlich treten sie dann in gleiche Beziehung zu den Zellen, wie die stärkeren Fasern, von denen eben die Rede war.

Es darf indess nicht aus dem Auge gelassen werden, dass Vieles, was hier vom Faserverlauf in der Hinterwurzel mitgetheilt worden ist, beim Menschen noch nicht mit aller Sicherheit nachgewiesen werden konnte. Soweit man aber hier untersucht hat, haben sich immer gleiche Verhältnisse ergeben, wie an den Säugethieren, von denen man bei der Untersuchung ausgegangen ist.

So weit lässt sich zunächst die sensible Bahn in das Rückenmark verfolgen: Als Wichtigstes lässt sich feststellen, dass ein Theil in die Hinterstränge gelangt und mit diesen hirnwärts zieht, dass ein zweiter zunächst in der Clarke'schen Säule endet, und dass die Hauptmasse der lateraler liegenden Fasern nach kürzerem oder längerem Verlaufe sich um Zellen der Hinter- und Vorderhörner herum aufspaltet. Ausserdem sind Fasern bekannt, welche in die seitliche gemischte Zone gelangen, und solche, welche aus dem Vorderhorn stammen.

Für die Fasern, welche in das Grau des Hinterhorns und der ventral von ihm liegenden Gebiete gelangen, liess sich mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit nachweisen, wie sie mit höheren Centren in Verbindung treten. Aus den Ganglienzellen, um welche sich die eintretende Wurzelfaser verästelt, entspringt eine secundäre Bahn.

Ihr Axencylinder wendet sich nämlich ventralwärts und nach innen, erreicht die vordere Commissur und überschreitet sie. Dann tritt er in den Vorderstrang oder in den Seitenstrang ein, wo er centralwärts weiterzieht. Welches Gebiet des Vorderseitenstranges als das eigentlich sensorische anzusehen ist, ist noch zweifelhaft. Mir ist am wahrscheinlichsten, dass es sich um zerstreute, über den ganzen Querschnitt der genannten Stränge ausgebreitete Fasern handelt. Doch spricht Manches dafür, dass speciell das Areal der Vorderseitenstrangreste viele dieser secundären sensorischen Fasern enthält.

Wir haben also jetzt zweierlei Fortsetzungen der Hinterwurzelfasern kennen gelernt, eine directe in den Hintersträngen und eine indirecte, welche erst durch Anschluss an eine secundäre kreuzende Bahn hirnwärts gelangt. Sie werden später sehen, dass auch die ungekreuzten Fasern oben in der Oblongata durch einen Kern hindurchgehen und sich dann ebenfalls kreuzen, dass also die ganze sensible Bahn sich kreuzt.

Es wäre mir nicht möglich gewesen, dies Verhalten der hinteren Wurzelfasern zu erschliessen, wenn nicht niedere Wirbelthiere gerade hier im Rückenmarke besonders einfache, ich möchte sagen schematische Verhältnisse böten. Nachdem einmal der Nachweis an solchen geführt war, dass die Mehrzahl ihrer hinteren Wurzeln in einen aus Fasern und Zellen bestehenden Apparat im Hinterhorn eintritt, und dass von da neue Bahnen nach vorheriger Kreuzung hirnwärts ziehen, war es naheliegend, beim Menschen und den Säugern nach gleichen Verhältnissen zu suchen. Die Entdeckung Ramon y Cajal's, dass die Hinterwurzeln sich um die Zellen des Hinterhorns herum aufsplittern, und dass aus diesen Zellen eine sich in der Commissura anterior kreuzende Bahn entspringt, gab dann der geschilderten Auffassung noch festeren Boden.

Mit dieser neu gewonnenen Kenntniss stimmen die Erfahrungen ausgezeichnet überein, welche das Experiment und die Beobachtung am Krankenbette liefern. Wenn nämlich ein Rückenmark halbseitig durchschnitten wird, dann wird unterhalb der Durchschneidungsstelle das Hautgefühl verloren, und

zwar nicht auf der gleichen Seite, sondern auf der gekreuzten. Diese Erfahrung war bisher nicht mit dem zu vereinen, was wir über die gekreuzte Fortsetzung der hinteren Wurzelfasern in den Hintersträngen wussten. Sie wird aber sofort leicht verständlich, wenn wir jetzt erfahren, dass ein ansehnlicher Theil jeder Wurzel bald nach seinem Eintritt sich durch eine Bahn zweiter Ordnung auf die andere Seite begiebt.

Nun hätten wir noch jenes Antheiles der hinteren Wurzel zu gedenken, der sich um die Zellen der Clarke'schen Säule aufsplittert. Er hat mit der Leitung des Hautgefühls, wie die Ergebnisse der Pathologie zeigen, wahrscheinlich nichts zu thun. Die secundäre Bahn aus der Clarke'schen Säule geht nicht in die allgemeinen Bahnen des Gefühles weiter oben ein. Es entwickeln sich aus ihr Fasern, welche seitlich aus der grauen Substanz austreten und an die Aussenseite des Markes, zur Kleinhirn-Seitenstrangbahn gelangen. Mit dieser verlaufen sie zum Cerebellum. Diese Fasern sind wahrscheinlich von Wichtigkeit für die Coordination unserer Bewegungen. Denn nicht nur sieht man nach Kleinhirnleiden Gang und Haltung oft uncoordinirt werden, auch bei der Tabes dorsalis, wo die hochgradigste Ataxie vorkommt, sind gerade die Fasern der Hinterstränge und die Columna vesicularis degenerirt, ist also ein Theil der Bahnen zum Kleinhirn unterbrochen.

Die anatomischen Verhältnisse, welche durch den Eintritt der hinteren Wurzel in das Rückenmark bedingt werden, sind also, wie Sie sehen, sehr viel complicirtere als die, welche durch die Vorderwurzel geschaffen werden. Zudem sind sie uns auch erst zum Theil bekannt. Wahrscheinlich existiren noch andere, bisher nicht genannte Faserkategorien.

Die Beziehungen vieler Zellen der Vorder- und der Hinterhörner zu den Wurzelfasern sind Ihnen nun bekannt. Es giebt aber in der grauen Substanz noch viele Zellen, welche nicht in directer Beziehung zu Wurzelfasern stehen. Zunächst giebt es Zellen, deren Axencylinder in keine Längsbahn oder Wurzelfaser übergeht, sondern sich gleich nach seinem Ursprung ausserordentlich fein verzweigt. Solche liegen überall über dem Querschnitt verbreitet, sind aber in der Gegend nahe dem Hinterhorn und in diesem besonders reichlich. Dann kennt man multipolare, weit verbreitete Zellen, die einen Axencylinder in den gleichseitigen oder in den gekreuzten Vorderseitenstrang entsenden (Fig. 109 u. 116). Dort theilt er sich in einen auf- und einen absteigenden Ast (Fig. 109). Die Aestchen dieser „Strangzellen" verlaufen eine Strecke weit in den Vorderseitensträngen, dann geben sie Collateralen ab, welche sich frontal wieder in die graue Substanz einsenken und dort um andere Zellen herum aufsplittern. Diese Zellen verbinden durch ihre Ausläufer Rückenmarksgebiete, welche frontal und caudal von ihnen liegen, sind also wohl geeignet, als Substrat für die lange angenommenen Bahnen zu dienen, welche einzelne Höhen unter einander verknüpfen.

Durch alle diese Fasern und Zellausläufer entsteht im Rückenmarkgrau ein ausserordentlich complicirtes Flechtwerk. Seine Entwirrung ist nur durch Anwendung all der Methoden gelungen, deren früher gedacht

wurde. Am reifen, etwa nach Weigert gefärbten Rückenmarke ist sie ganz unmöglich.

Alle Fasern, welche von der einen zur anderen Seite kreuzen, passiren die vordere oder die hintere Commissur. Sind auch die Bestandtheile dieser Commissuren jeder an seinem Orte bereits erwähnt, so ist es doch zweckmässig, sie noch einmal mehr topographisch zusammenzufassen.

Es verlaufen also in der Commissura anterior (vgl. Fig. 116):

1. Zur Vorderwurzel gehörig: Fasern aus Kernen zur gekreuzten Wurzel, Collateralen der Pyramiden-Vorderstrangbahn, zahlreiche Dendritenfortsätze aus benachbart liegenden Vorderhornzellen.

2. Aus den Zellen, um welche sich die Hinterwurzel aufspaltet, die secundäre sensorische Bahn.

3. Aus den Strangzellen: zahlreiche Axencylinderfortsätze zum gekreuzten Vorder- und Seitenstrang.

4. Eine Verbindung aus dem Seitenstrang der einen zum Vorderstrang der anderen Seite.

Dieser von Schaffer bei Wirbelthieren verschiedener Klassen gefundene Zug soll nach ihm Hinterwurzelfasern, die erst in den Seitenstrang eingetreten waren, weiter oben in den gekreuzten Vorderstrang überführen. Er ist auch bei Thieren, die keine markhaltigen Pyramiden besitzen, nachgewiesen (Reptilien); es kann sich also nicht um einen zu diesem Tract gehörigen Theil handeln, eine Annahme, die sonst wohl nahe läge.

Von der hinteren Commissur wissen wir sehr viel weniger. Sicher enthält sie markhaltige Nervenfasern, und sicher entstammen diese der hinteren Wurzel oder doch Gebieten, in welche Hinterwurzelfasern eintreten.

Bei Föten verschiedener Säuger sind je nach der untersuchten Thierart wechselnde Verhältnisse dieser Commissur gefunden worden. So lassen sich z. B. beim Hunde drei verschiedene Abtheilungen der Commissurfaserung unterscheiden, bei der Kuh nur zwei u. s. w.

Die anatomischen Verhältnisse des Rückenmarkes, soweit sie makroskopisch zu ermitteln waren, haben Burdach, Sömmering und J. Arnold festgestellt. Die Verbindung der grauen Substanz der Vorderhörner mit den vorderen Wurzeln hat zuerst Bellingeri, die der Hinterhörner mit Fasern der Hinterwurzeln Grainger erkannt. Der feinere Bau des Rückenmarkes ist aber erst durch B. Stilling erschlossen worden, dann haben Kölliker, Goll, Deiters, Gerlach, Clarke und Andere in Vieles neue Klarheit gebracht. Den Arbeiten von Türk, Flechsig, Charcot, Gowers verdanken wir den grössten Theil dessen, was wir über den Faserverlauf in der weissen Substanz bis vor Kurzem wussten. Es ist aber dann durch die Arbeiten von His, Golgi und S. Ramon y Cajal (Collateralen, Aufsplitterung des Axencylinders u. A.), durch Studien von Kölliker, Gehuchten, Lenhosseck, deren zum Theil ja in der einleitenden Vorlesung schon Erwähnung geschehen ist, ein ganz bedeutender Fortschritt in der Kenntniss des Rückenmarkes geschaffen worden. Ausserdem haben Singer und Münzer, Löwenthal, Mott und Andere in den letzten Jahren über Vieles wichtige Aufklärung gebracht und verdanken wir Waldeyer neben manchen neuen Thatsachen eine kritische Revision unserer Kenntnisse.

Das Bild von den wichtigsten Faserbahnen im Rückenmark, das ich Ihnen heute vorlegte, könnte noch um vieles feiner ausgeführt, noch mit manchem hochinteressanten Detail verziert werden. Schon sind wir aber an so manche Stelle gerathen, wo unser Wissen unsicher wird, und getreu

der Grenze, die diese Vorlesungen sich stecken mussten, will ich da abbrechen, wo die Fülle eruirter Details und sich widersprechender Meinungen der Autoren noch nicht gestatten, dem Lernenden präcise Bilder vorzuführen.

In der Vorrede zu seinem grossen Werke über den Bau des Rückenmarkes sagt Stilling: „Wir dürfen, um mit dem edlen Burdach zu reden, nicht vergessen, dass wir bei der Erforschung des Rückenmarkbaues in ein Wunderland reisen, welches wir noch so wenig wahrhaft kennen: so mögen wir nur auf Ströme und Berge den Blick heften, um eine klare Uebersicht des Ganzen zu erlangen, und es den Nachfolgern überlassen, jeden Bach zu verfolgen und bei jeder Anhöhe zu verweilen."

Vierunddreissig Jahre sind verflossen, seit mit jener Vorrede eines der inhaltsreichsten Bücher in die Welt ging, mit dem je die anatomische Wissenschaft beschenkt wurde, und noch sind wir gar weit von dem Ziele entfernt, noch lange wird es dauern, bis jene Generalstabskarte wird gezeichnet werden können, von der Burdach und Stilling träumten.

Elfte Vorlesung.

Das Rückenmark und der Anfang der Medulla oblongata.

M. H.! Im Rückenmark liegen physiologisch weit verschiedene Fasern eng beisammen; die als Centralorgane zu betrachtenden Zellen sind dicht umgeben von peripheren Leitungen. Es wird Ihnen daher begreiflich erscheinen, dass es äusserst schwer ist, die Folgen zu ermitteln, die Symptome festzustellen, welche bei Erkrankung oder Zerstörung eines dieser Componenten des Rückenmarkes auftreten.

Dennoch hat genaue Beobachtung am Krankenbette und am Sectionstische uns manches hierher Gehörige gelehrt. Eine Anzahl von Rückenmarkskrankheiten befallen immer nur bestimmte Theile des Markes, immer nur einzelne Stränge oder gewisse Gruppen von Ganglienzellen und lassen die übrigen Theile des Querschnittes entweder für immer oder doch für lange Zeit intact. Die Beobachtung solcher Formen wird natürlich für die uns beschäftigende Frage von grösster Wichtigkeit sein. Dann erlauben Verletzungen, Durchschneidungen, Compressionen des Markes, wie sie durch Caries der Wirbel und durch Tumoren zu Stande kommen, oft wichtige Schlüsse.

Viel weniger als durch die Pathologie lässt sich durch den physiologischen Versuch am Thiere ermitteln. Die nöthigen Eingriffe sind, verglichen mit den pathologischen Processen, recht grober Natur, und über Natur und Herkunft durchschnittener Fasern wissen wir bei Thieren recht

wenig, da ihr Mark noch lange nicht so gut anatomisch durchforscht ist, als das des Menschen.

Es kann natürlich in diesen Vorlesungen nicht unsere Aufgabe sein, die reichen Ergebnisse, welche wir zahlreichen Forschungen über die Pathologie des Rückenmarkes verdanken, auch nur kurz zu resumiren. Eine Reihe vortrefflicher Bücher führen Sie ja in dies Gebiet ohne allzugrosse Schwierigkeit ein.

Nur einige besonders wichtige oder besonders sichergestellte Punkte seien erwähnt.

Erkrankungen der Hinterstränge machen verschiedene Symptome je nach der Breite der Stränge, welche sie betreffen. Zerstörungen der eintretenden hinteren Wurzeln müssen die ganze in diesen verlaufende Sensibilitätsbahn unterbrechen und nicht nur den Verlust jeder Art von Gefühl, sondern auch den der Reflexe, die ja durch die Gefühlsbahn vermittelt werden, nach sich ziehen. Auch die Sehnenreflexe schwinden dann. Degenerationen der Hinterstränge, welche nicht die eintretenden Wurzelfasern betreffen oder sie doch nur in geringerem Maasse berühren, verlaufen ohne wesentliche Störungen des Hautgefühles, doch scheint immer das Muskelgefühl zu leiden. Die Hauptmasse der dort fortgeführten Theile der hinteren Wurzelbündel steht zu dieser Sensation in Beziehung. Die motorische Kraft erleidet durch Erkrankung der Hinterstränge keine Einbusse.

Wenn die graue Substanz der Vorderhörner von einem krankhaften Processe zerstört wird, dann tritt, ganz wie bei Zerstörung peripherer Nerven, Lähmung in den Muskeln ein, welche ihre Nervenfasern aus der betreffenden Stelle beziehen. Dieser Lähmung gesellt sich ungemein rasch Atrophie der gelähmten Muskeln zu. Auch darin ist sie der peripheren Lähmung ähnlich, dass die Muskeln auf den elektrischen Strom meistens bald so reagiren, als ob ihr zuleitender Nerv durchschnitten sei. Da der Nerv und seine Aufsplitterung im Muskel nur Ausläufer der Zelle sind, so bietet die Erklärung dieses Verhaltens keine Schwierigkeit.

Man wird aus dem geschilderten Symptomencomplex immer eine Erkrankung der motorischen Bahn erster Ordnung diagnosticiren dürfen.

Ganz andere Erscheinungen treten ein, wenn die motorische Bahn zweiter Ordnung, die Pyramidenbahn, unterbrochen wird.

Erkrankungen der Pyramidenbahn im Seitenstrange und wahrscheinlich auch im Vorderstrange haben Parese im Gefolge. Ausserdem gerathen die gelähmten oder auch nur geschwächten Muskeln in dauernde Spannungszunahme, neigen zur Contractur und sind auf mechanische Reize sehr viel mehr als in normalem Zustande erregbar. Immer, wenn Sie diese Symptome allein oder einem anderen Symptomencomplexe beigemischt finden, dürfen Sie mit aller Sicherheit eine Betheiligung der Pyramidenbahn an der Erkrankung annehmen. Nicht so selten hat einseitige Unterbrechung der Pyramidenbahn doppelseitige Erscheinungen von Parese und Spannungserhöhung in den Muskeln zur Folge. Für diese Thatsache existirt eine experimentelle, aber noch keine anatomische Begründung.

Es kommen Combinationen von Erkrankung der primären mit solcher der secundären motorischen Bahn vor. Die bestbeobachtete ist die amyotrophische Lateralsklerose. Hier entspricht den klinischen Erscheinungen: Parese, Spasmen, Muskelatrophie, der anatomische Befund: Erkrankung der Pyramidenbahn und der Vorderhornzellen.

An dem nachstehenden Schema (Fig. 117), welches den Zusammenhang

von centraler und peripherer motorischer Bahn darstellt, können Sie sich diese Verhältnisse leicht einprägen.

Eine Erkrankung, welche sich in der Linie xac, resp. in den von ihr repräsentirten Fasern localisirt, führt zur Lähmung. Wenn sie vor der Ganglienzelle die Leitung unterbricht, also bei x oder a, trägt sie den Charakter einer centralen Lähmung ohne Atrophie und geht häufig dadurch, dass wahrscheinlich andere Bahnen für xa eintreten, in Besserung, resp. Heilung über. Wird aber die Linie xac in der Ganglienzelle oder irgendwo in c unterbrochen, so tritt nicht nur Lähmung, sondern auch Schwund der gelähmten Fasern und Atrophie der von ihnen versorgten Muskeln ein. Dadurch wird die Aussicht auf Wiederherstellung der gelähmten Partien eine sehr geringe. Zuweilen tritt nach langdauernder Unterbrechung von xa auch allmählich Betheiligung von c auf. Das ist aber selten. Unterbrechung der Bahn a führt auch zu absteigender Degeneration von der Unterbrechungsstelle bis zur Höhe des betreffenden Vorderhorns.

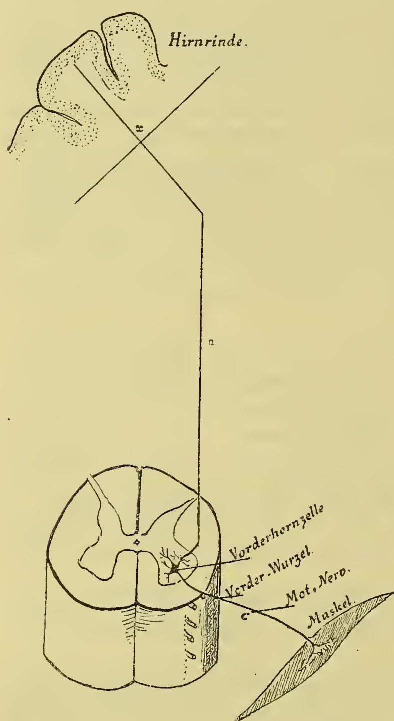


Fig. 117.
Schema der Innervation für einen Muskel.

Als ein Beispiel für Lähmung und Muskelschwund, wie sie nach Erkrankung der Vorderhörner auftreten, erwähne ich die „spinale Kinderlähmung“. Dort tritt ganz plötzlich complete Lähmung einzelner Muskelgruppen auf, und rasch folgt ihr Schwund der Muskelsubstanz. Die Untersuchung des Rückenmarkes ergiebt dann Erkrankungsherde, welche die graue Substanz der Vorderhörner getroffen haben. Auch die Nerven, ja die Wurzeln selbst werden allmählich atrophisch. Rückenmark und Wurzeln gewähren später Bilder wie das folgende (Fig. 118 a u. b).

Wir besitzen noch nicht genügend feine Beobachtungen, um aussagen zu können, was für Symptome entstehen, wenn die graue Substanz der Hinterhörner erkrankt. Aber aus der Analyse der Fälle von Tabes dorsalis, in denen sie verschont, und derer, in denen sie betroffen war, dürfen wir schliessen, dass Erkrankungen, welche dort sitzen, wahrscheinlich zu Störungen der Hautsensibilität und namentlich zu trophischen Störungen der Haut führen. Im Bereich der basalen Theile der Hinter- und der Vorderhörner müssen Bahnen verlaufen oder Centren liegen, welche zur trophischen Innervation der Haut und ihrer Blutgefässe in Beziehung stehen; ebenso haben wir in dieser Gegend den Mechanismus zu suchen, welcher der Temperaturempfindung dient. Bei der zuweilen vorkommenden Ausdehnung des Centralkanals — Syringomyelie — oder bei Geschwülsten, welche nicht selten mitten in der grauen Substanz sitzen, leiden nämlich vor allen anderen gerade die eben genannten Functionen und Qualitäten.

Lassen Sie uns nach diesem kurzen Excurs auf das Gebiet der Pathologie wieder zurückkehren zu dem Punkte, von dem wir ausgingen, zur Betrachtung des Rückenmarkbaues.

Am oberen Ende des Rückenmarkes verlagern sich die weissen Fasern, welche es zusammensetzen, in mannigfacher Weise, die Ausdehnung und Form der grauen Substanz ändert sich erheblich, neue Anhäufungen von Glia und Ganglienzellen treten auf, und rasch wird das Ihnen jetzt wohlbekannte Bild des Rückenmarksquerschnittes verwischt; namentlich wird es undeutlich, wenn dicht über dem Rückenmarksende rechts und links, da, wo bislang Seitenstränge lagen, die Oliva inferior, ein graues, vielfach gefälteltes, ganglienzellenreiches Blatt sich einschiebt, wenn der Centralkanal, immer weiter nach hinten rückend, zur Rautengrube sich erweitert.



Fig. 118 a und b.

Rückenmark mit Poliomyelitis anterior acuta, 43 Jahre nach Beginn der Krankheit. — *a* Schnitt durch die Lendenanschwellung; beide Vordersäulen und Vorderseitenstränge stark geschrumpft, links mehr als rechts; keine Ganglienzellen. — *b* Schnitt durch die Cervicalanschwellung: rechte Vordersäule und Vorderseitenstrang sehr stark geschrumpft, ohne Ganglienzellen. Hintersäulen und Hinterstränge in beiden Schnitten normal, nach Charcot et Joffroy.

Die Reihe von Querschnitten, welche ich Ihnen jetzt demonstriren werde, ist bestimmt, die Genese der Medulla oblongata aus dem Rückenmarke zu erläutern.

Fig. 119 stellt einen Schnitt durch das Halsmark dar, etwa der Stelle entsprechend, wo der erste Cervicalnerv abgeht. Sie soll Ihnen wesentlich nur die in der vorigen Vorlesung geschilderten Formverhältnisse wieder in das Gedächtniss zurückrufen.

Drei Punkte wollen Sie aber an dieser Figur noch beachten, weil sie abweichen von dem bislang Geschilderten. Es ist einmal die eigenthümliche Form des Hinterhorns, das nur durch einen dünnen „Hals“ mit seinem dorsalsten, durch Substantia gelatinosa stark verdickten Theil, dem „Kopf des Hinterhorns“, zusammenhängt.

Die Substantia gelatinosa wird durchzogen von zahlreichen feinen Fäserchen, die zum Theil Hinterwurzelfasern sind. Zu einem anderen Theil aber stammen sie von weit her, nämlich aus dem Ganglion Gasseri. Die Zellen dieses Ganglions entsenden peripherwärts den Nervus Trigeminus, nach dem Centralorgan aber die Trigeminuswurzel. Von dieser wendet sich ein Theil caudalwärts. Aus ihm senken sich fortwährend feine Fäserchen in den Endkern des Trigeminus, eine Säule gelatinöser Substanz, welche von der Brücke an hinab bis in die Substantia gelatinosa des oberen Rücken-

markes nachweisbar ist. Der halbmondförmige Querschnitt der absteigenden Quintuswurzel liegt im Halsmark ebenso wie in der Oblongata und Brücke der Substantia gelatinosa dicht an. Sie werden ihm auf allen Schnitten, die ich Ihnen von heute an vorlegen werde, z. B. Fig. 120 u. 121, begegnen. Man hat ihn bisher als aufsteigende Quintuswurzel bezeichnet.

Dann sehen Sie, dass die Seitenhörner stark ausgebildet sind. Aus Zellen, die an ihrer Basis liegen und höher oben an den Seitenrand des Vorderhorns rücken, kommt der Nervus accessorius Willisii. Seine Wurzelfasern, die bis hinab zum 6. Cervicalnerven, und aufwärts bis in den Anfangstheil der Oblongata entspringen, treten nicht in geradem Verlaufe aus, wie es nach der Abbildung scheinen möchte, sondern ziehen aus den Zellen zuerst hirnwärts, um dann im Knie (Darkschewitsch) nach aussen

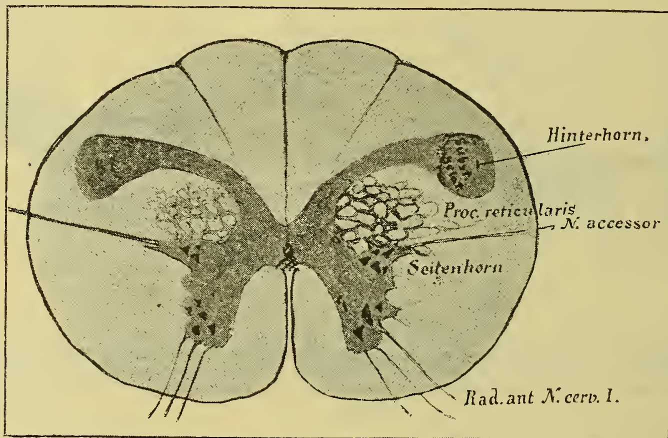


Fig. 119.
Schnitt durch den obersten Theil des Cervicalmarkes.

abzubiegen. Nur der horizontale Schenkel dieses Knies ist auf dem Schnitt getroffen worden, den Fig. 120 darstellt.

Beachten Sie ausserdem, dass in dem Raum zwischen Hinter- und Vorderhorn die graue Substanz mit zahlreichen netzförmigen Zügen den Seitenstrang durchzieht, seine Bündel zerlegt; es ist dies die Formation der Processus reticulares.

Ueber der eben gezeichneten Querschnittshöhe beginnen die Umlagerungen von Fasern u. s. w., welche zur Bildung des Oblongataquerschnitts führen.

Wir haben im Rückenmark zwei Pyramidenbahnen kennen gelernt, eine, welche, im Vorderstrang gelegen, Fasern hirnwärts führt, die ihr gekreuzt aus jeder einzelnen Wurzelregion zugeführt werden, und eine zweite, die Pyramiden-Seitenstrangbahn, welche Fasern aus dem gleichseitigen Vorderhorn enthält.

Am oberen Ende des Rückenmarkes tritt (Fig. 120 *Fpy*) die letztere Bahn in massigen Zügen, das Vorderhorn ihrer Seite durchbrechend, in den

Vorderstrang der anderen Seite. Dort trifft sie auf die Pyramiden-Vorderstrangbahn, und von nun an zieht die ungekreuzte Pyramide, vereint mit der gekreuzten, als Pyramidenstrang hirnwärts. Die Hinterhörner rücken, wenn der bislang von der Pyramide im Seitenstrang eingenommene Platz frei wird, weiter nach vorn.

Wenige Millimeter höher oben ist die Pyramidenkreuzung vollendet. Es liegen jetzt Pyramiden-Vorderstrangfasern und Pyramiden-Seitenstrangfasern vereint als mächtiges Querschnittbündel ventral am Mark, das hier bereits den Namen Medulla oblongata trägt. In der Figur 120 ist das deutlich sichtbar. Sie sehen an ihr auch, dass die Vorderstranggrundbündel (*Fa'*) dorsal von den Pyramiden gerathen. Aussen vom abgetrennten Rest des Vorderhorns ist ein kleiner grauer Herd vom Schnitt

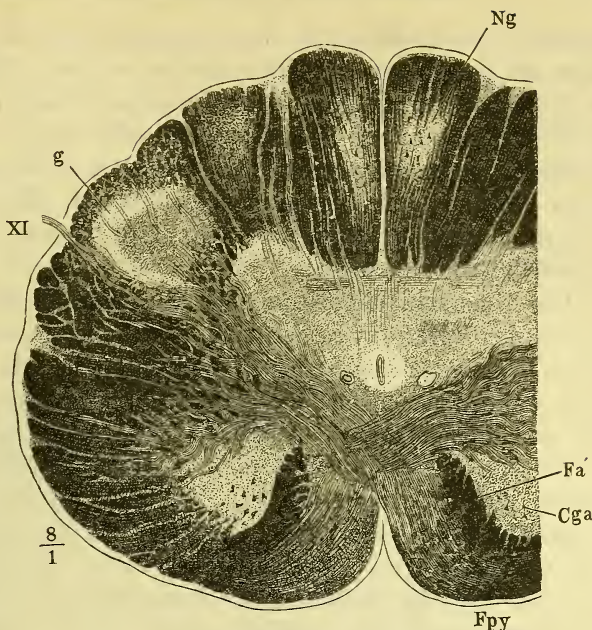


Fig. 120 (nach Henle).
Querschnitt des verlängerten Markes durch die Pyramidenkreuzung. *Fpy* Pyramidenstrang, *Cga* Vorderhorn, *Fa'* Vorderstrangrest, *Ng* Nucl. funic. gracilis, *g* Subst. gelatinosa, *XI* N. accessorius.

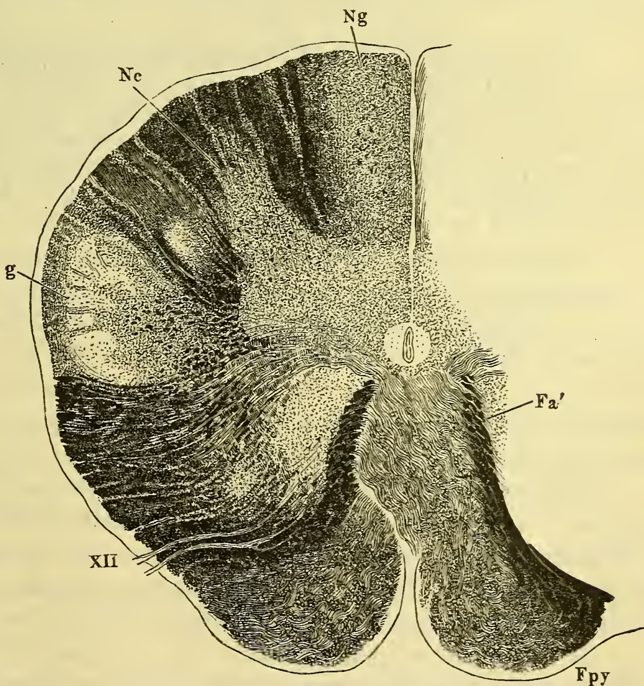


Fig. 121 (nach Henle).
Querschnitt des verlängerten Markes in der Gegend der caudalsten Hypoglossuswurzeln. Die Pyramidenkreuzung fast vollendet. *Nc* Nucl. funiculi cuneati, *XII* Nervus hypoglossus. Alle anderen Bezeichnungen wie Fig. 120.

getroffen worden. Er gehört der untersten Spitze der Olive an. Die Olive nimmt nach oben beträchtlich an Grösse zu und erfüllt einen grossen Theil des von den Seitensträngen eingenommenen Raumes. Diese letzteren sind, seit dem Auftreten der Processus reticulares etwa, wesentlich faserärmer geworden. Doch setzen sich eine Anzahl ihrer Züge noch weit über die Oliven hinauf in die Substantia reticularis fort. Durch Abgabe von Fasern an dort eingesprengte kleine graue Herde werden sie immer spärlicher und schwerer zu verfolgen.

Das Umlagern der Fasern, das Eintreten der Pyramiden-Seitenstrangbahn in den Vorderstrang der anderen Seite ist an den vorstehenden beiden Henle'schen Zeichnungen sehr gut zu sehen. Die abgetrennten Vorderhörner können nach oben hin noch weiter verfolgt werden, verlieren sich aber etwa in der Höhe der Brücke.

Die Pyramidenstränge werden Sie auf allen folgenden Schnitten vorn zwischen den Oliven liegen sehen (s. die Figuren der folgenden Vorlesung). Schliesslich werden sie weiter oben von den Querfasern der Brücke überdeckt und zerspalten. Wie sie später wieder aus der Brücke auftauchen und durch den Hirnschenkel in die innere Kapsel ziehen, wurde in früheren Vorlesungen wiederholt gezeigt. Auch dass die secundäre Degeneration, welche nach Unterbrechung der Pyramiden im Gehirn von da abwärts steigt, in der Oblongata in den Hinterseitenstrang der gekreuzten Rückenmarkshälfte und in den gleichseitigen Vorderstrang gelangt, wurde bereits erwähnt.

Die Gelegenheit, den Verlauf des Pyramidenstranges zu verfolgen, wird sich Ihnen, meine Herren, nicht allzu selten bieten, wenn Sie bei der Autopsie von länger bestehenden cerebralen halbseitigen Lähmungen Querschnitte durch den Hirnschenkel, die Brücke, die Medulla oblongata und das Rückenmark machen. Die graue Pyramide auf der erkrankten Seite wird sich meist deutlich von der weiss gebliebenen der anderen Seite abheben; im Rückenmark wird sich im hinteren Theil des gekreuzten Seitenstranges eine grau verfärbte Stelle finden.

Auf der Strecke, wo die Pyramidenkreuzung stattfindet, treten in den Hintersträngen Veränderungen ein. Mitten in ihnen zeigen sich, zuerst im inneren, dann auch im äusseren Hinterstrang Kerne grauer, Ganglienzellen führender Massen, die Kerne des zarten Stranges und des Keilstranges. Diese Kerne verschmelzen mit der grauen Substanz, welche dadurch ihre Form sehr wesentlich ändert. (In Fig. 120 sind die ersteren, auf Fig. 121 auch die des Keilstranges schon zu sehen.)

Wahrscheinlich enden allmählich alle Hinterstrangfasern in diesen Kernen. Aus den Kernen aber dringen massenhaft Fasern durch die graue Substanz nach vorn und kreuzen sich (über der Pyramidenkreuzung) mit denen der anderen Seite. Ihre Fasern gelangen später in die Schleife, und deshalb hat man diese Kreuzung Schleifenkreuzung genannt.

Es ist nicht so ganz leicht, sich am ausgebildeten Organ von der Existenz der Schleifenkreuzung mit absoluter Sicherheit zu überzeugen. Wohl aber bleibt kein Zweifel mehr, wenn man Schnitte durch die Medulla oblongata von Früchten aus dem 7. Schwangerschaftsmonate macht. Dort

stören die sich kreuzenden markhaltigen Fasern der Pyramiden noch nicht die Klarheit des Bildes, dort treten die allein Markscheiden führenden Hinterstrangfasern deutlicher hervor. Zunächst sieht man wesentlich nur Fasern aus den Kernen der Burdach'schen Stränge austreten, im 9. Monat aber kann man etwas höher oben auch die Kreuzung der Fasern aus den Kernen der Goll'schen Stränge erkennen.

Wollen Sie den nachstehend abgebildeten Schnitt zur Orientirung mit Fig. 120 und 121 vergleichen. Hinter dem Centralkanal liegt die sehr breit gewordene graue Substanz. In dem zarten Strang ist sein Kern

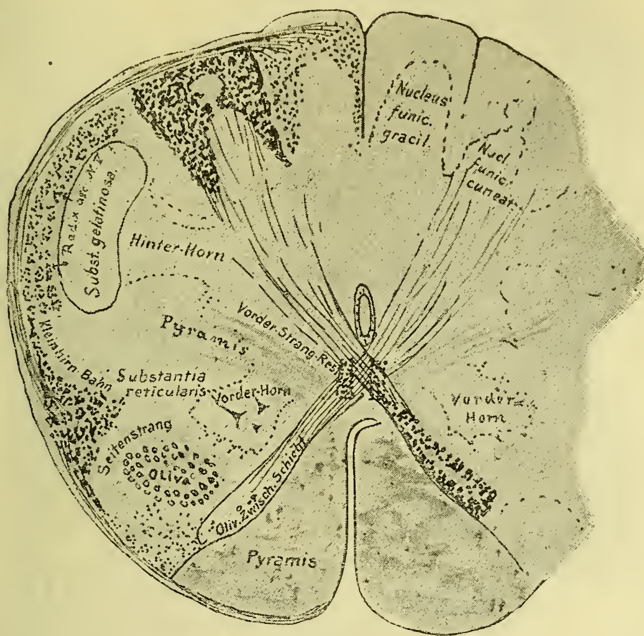


Fig. 122.

Schnitt durch den Anfangstheil der Oblongata einer menschlichen Frucht aus der 26. Schwangerschaftswoche. Man sieht die Züge aus den Burdach'schen Strängen zur Schleifenkreuzung und die später zu schildernden Fibrae arciformes externae posteriores aus den Goll'schen Strängen. Zu beachten ist die Lage der Kleinhirnseitenstrangbahn.

aufgetreten, im Keilstrang ebenso, beide sind in Continuität mit der grauen Substanz. Nach aussen von ihnen liegt, von einer dünnen Schicht markhaltiger Fasern umgeben (Radix ascendens N. trigemini), die Substantia gelatinosa des Hinterhorns. Der Raum nach vorn von ihr, welcher auf Fig. 121 von den dunklen Pyramidenfasern eingenommen ist, ist hell, weil jene noch ohne Mark sind. Markhaltig sind die Vorderseitenstrangreste und die Kleinhirnbahn an der Peripherie des Seitenstranges.

Nun sehen Sie aus den Hinterstrangkernen sich Fasern entwickeln, welche im Bogen (Fibrae arciformes internae) durch die graue Substanz ziehen, vor dem Centralkanal kreuzen und sich als dicke

Schicht dorsal von der dort bereits gekreuzten Pyramide hinlegen. Das Gebiet, welches sie erfüllen, ist dasjenige der Vorderseitenstränge des Rückenmarkes. Die Hauptmasse der in diesen aufsteigenden bereits gekreuzten sensorischen Bahnen geräth dadurch nach rückwärts und auch nach aussen von diesen neuen Ankömmlingen. So füllt die nun vereinte



Fig. 123.

Schnitt durch die Oblongata einer Frucht aus der 26. Schwangerschaftswoche. Die markhaltigen Fasern durch Hämatoxylin gefärbt. Die linke Olivenzwischenschicht und die Radix ascendens N. trigemini sind nicht eingezeichnet. Im Corpus restiforme ist nur der Rückenmarkstheil markhaltig. Fibrae arciformes = Fibr. arc. ext. ant. Die Fibr. arc. ext. post. oben links aussen zwischen Corpus restiforme und Hinterstrang. Das als „Seitenstrang" bezeichnete Bündel ist der Fasciculus anterolateralis, der an dieser Stelle bis in die vorderen Brückenebenen bleibt; die Kleinhirnseitenstrangbahn zieht direct in das Corpus restiforme.

gekreuzte sensorische Bahn zweiter Ordnung allmählich das ganze Areal aus, das zwischen den beiden in dieser Höhe der Oblongata aufgetretenen neuen grauen Massen, den Oliven (Olivae inferiores), liegt. Je höher man in der Oblongata aufwärts steigt, um so mehr verarmen die Hinterstränge an Fasern. Allmählich gelangen alle durch Fibrae arcuatae in die Schleifenkreuzung und so auf die entgegengesetzte Seite, nahe der Mittellinie, wo sie die Olivenzwischenschicht, oder, wie

wir sie von jetzt an nennen wollen, die Schleifenschicht bilden. Denn die Fasern dieser Schicht steigen zur Schleife des Mittelhirns empor.

Man hat vielfach behauptet, die Hinterstrangfasern gingen nicht diesen Weg, ihre Mehrzahl trete vielmehr in die Oliven und von da durch den unteren Kleinhirnarm in das Cerebellum. Meine Untersuchungen haben mich aber gelehrt, dass alle, oder doch fast alle so verlaufen, wie ich es Ihnen angab. In dem Entwicklungsstadium, von dem ich eben sprach, sind die Oliven und ihre ganze Umgebung noch ohne jede markhaltige Faser. Deswegen kann man sich leicht überzeugen, dass die Hinterstrangfasern mit ihnen gar nichts zu thun haben, sie nur durchschneiden. Der in Fig. 123 abgebildete Querschnitt durch eine höhere Ebene der gleichen fötalen Oblongata wie Fig. 122 zeigt das deutlich. Sie sehen, dass die Fasern durch die in dieser Höhe als gefaltetes Markblatt ausgebildete Olive hindurch in die Kreuzung der Mittellinie (Raphe-Fortsetzung der Schleifenkreuzung) treten.

In Fig. 124 lege ich Ihnen ein Schema des Verlaufes der sensorischen Fasern vor. Wollen Sie an diesem, vom Wurzeleintritt ausgehend, den Verlauf der einzelnen Züge verfolgen und schliesslich constatiren, wohin jeder einzelne in der Oblongata geräth. Wollen Sie namentlich beachten, wie in der letzteren die Bahnen, welche im Rückenmarke schon kreuzen, und die, welche dort ungekreuzt aufsteigen, in einem Querschnittsfeld zusammenkommen.

So hätten wir jetzt zwei wichtige Kreuzungen kennen gelernt: die Pyramidenkreuzung und die Schleifenkreuzung. In der ersteren werden motorische Fasern verlagert, in der zweiten sind es Bahnen, die der Sensibilität dienen.

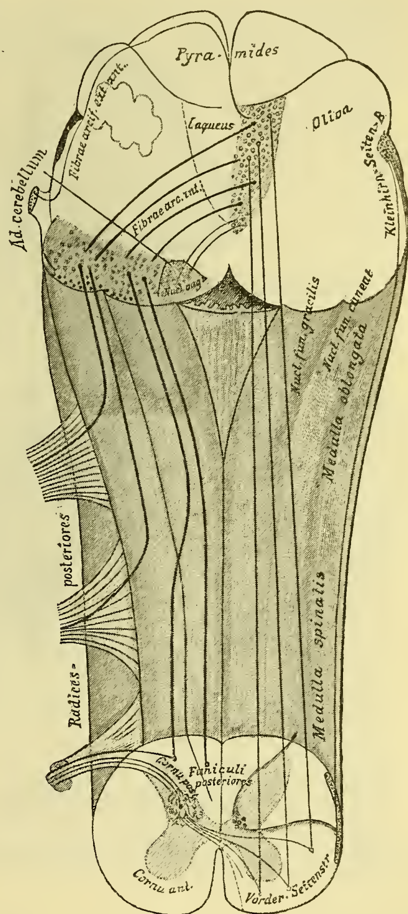


Fig. 124.
Schema des Verlaufes der sensorischen Bahn von den Hinterwurzeln bis zum verlängerten Mark.

Zwei grosse neue Faserareale sind entstanden, ventral das Pyramidenbündel und dorsal von diesem die Schleifenschicht. Bis hoch hinauf unter die Vierhügel werden wir beide an gleicher Stelle verfolgen können.

Das Areal der Schleifenschicht ist beim reifen Menschen viel faserreicher, als es in den eben demonstrirten Abbildungen von Föten erscheint. Bei den letzteren sind alle die Fasern aus den Vorderseitensträngen noch

nicht markhaltig, welche zur sensorischen Bahn gehören, und nur erst die aus den Hinterstrangkernen stammenden Züge deutlich.

Durch die beiden Kreuzungen ändert sich das Querschnittsbild ganz wesentlich. Dazu kommt noch, dass die graue Substanz, wie ich gleich eingehender zeigen will, auch ihre Gestalt ändert, dass neue graue Massen in der Oblongata auftreten; drei von ihnen, die beiden Hinterstrangkerne

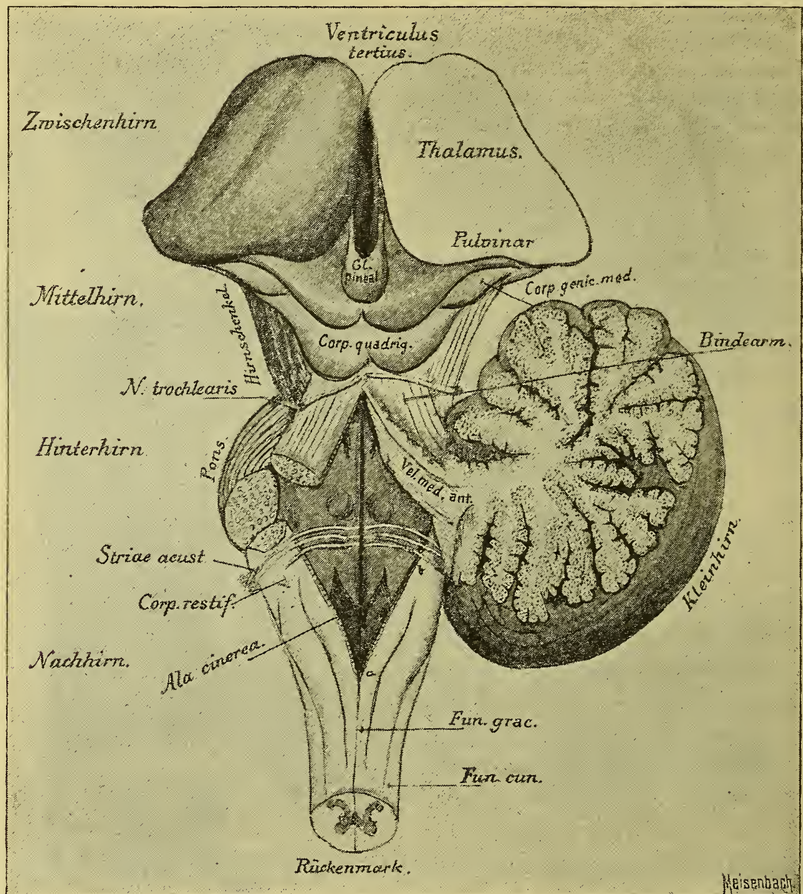


Fig. 125.
Das Hinter- und Nachhirn durch Wegnahme ihres Daches eröffnet. Velum med. ant. und Cerebellum noch sichtbar. Velum med. post. längs der gestrichelten Linie *a b* abgetrennt.

und die Olive, haben wir ja bereits jederseits kennen gelernt. Vor Allem aber ändert sich auch die äussere Form sehr. Da allmählich die Hinterstrangfasern in die Kerne treten und da enden, wird die graue Substanz dieser Kerne schliesslich ganz blossgelegt, sie liegt fast frei an der Dorsalfläche des Markes. Nun weichen aber die Hinterstränge in den Höhen der Oblongata auch etwas aus einander. So kommt die hintere graue Commissur des Rückenmarkes deutlich zum Vorschein, gerade in dem

Winkel, wo die Hinterstränge auseinanderweichen. In dieser Höhe erweitert sich der Centralkanal zum Ventriculus quartus der Oblongata. Was ihn deckt, verdünnt sich weiter noch, verbreitert sich auch und ist als Velum medullare posticum bis an das Kleinhirn hin zu verfolgen. Es bildet mit diesem zusammen also das Dach des vierten Ventrikels. An dem Längsschnitt Fig. 71 sehen Sie die Zusammensetzung des Hinter-Nachhirndaches aus Velum medullare posticum, Cerebellum und Velum medullare anticum. Dicht am Beginne des Ventriculus quartus ist im Velum medullare posticum ein Loch, das von aussen her in den vierten Ventrikel führt. Es ist das bereits erwähnte Foramen Magendii, durch das die Flüssigkeit in den Ventrikeln mit derjenigen communicirt, welche aussen zwischen Pia und Mark, in den Spalträumen der Arachnoidea das ganze Centralnervensystem umspült.

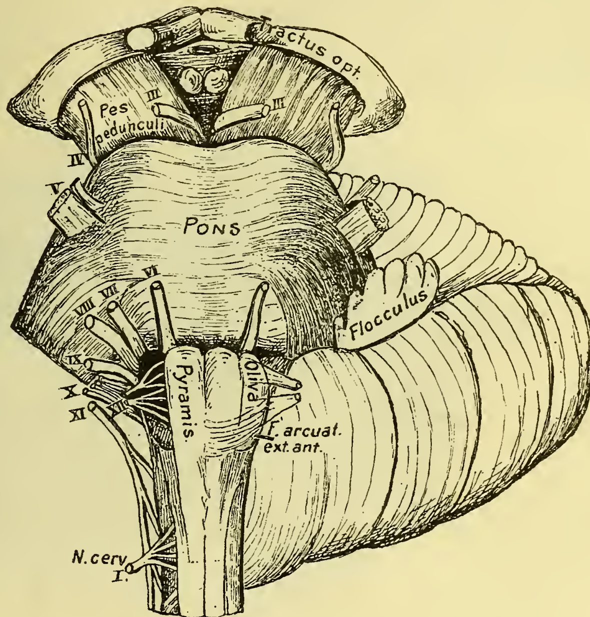


Fig. 126.
Medulla oblongata, Pons, Cerebellum und Hirnschenkel von vorn; zur Demonstration des Ursprunges der Hirnnerven.

Auf der vorstehenden Fig. 125 ist dieses ganze Dach weggenommen, so dass man von oben frei in den Ventriculus quartus blicken kann. Sein Boden wird hinten von den auseinanderweichenden Hintersträngen, vorn von den Bindearmen, welche nach den Vierhügeln zu convergiren, begrenzt. So erhält er die eigenthümliche Gestalt, welche ihm den Namen Rautengrube eingetragen hat.

Die in Fig. 125 abgebildete Ansicht der Oblongata von hinten lässt erkennen, dass nach oben die Hinterstränge verschwinden, dass an ihrer Stelle der untere Kleinhirnarm, das Corpus restiforme (s. u.), auftritt. Die Anschwellung im oberen Theil der inneren Hinterstränge heisst Clava; sie wird durch die Einlagerung des Nucleus funiculi gracilis bewirkt.

Eine Vorderansicht der Medulla oblongata (Fig. 126) zeigt zunächst die dicken, aus dem Rückenmarke auftauchenden Stränge der Pyramiden. Nach aussen von ihnen befinden sich, in die Verlängerung der Seitenstränge eingebettet, die Oliven, als zwei ziemlich mächtige Anschwellungen. Nicht weit frontal von ihnen legen sich die mächtigen Fasern des Pons quer vor

die Pyramiden. In der Verlängerung des Vorderwurzelaustrittes nach oben tritt zwischen Olive und Pyramide der Nervus hypoglossus (*XII*) aus dem verlängerten Mark. Der Nervus accessorius Willisii (*XI*) entspringt vom Halsmark bis hoch hinauf zur Oblongata seitlich, nach aussen von den Oliven, mit zahlreichen Fädchen. Ueber ihm gehen, in der Verlängerungslinie seines Austritts, der Nervus vagus (*X*) und der Glossopharyngeus (*IX*) ab. Dicht hinter den Brückenfasern entspringen seitlich der Nervus acusticus (*VIII*) und der Nervus facialis (*VII*). Der 6. Hirnnerv, der Abducens, liegt nach innen vom Ursprungsort der beiden letztgenannten Nerven. Aus der Tiefe der Brückenfasern taucht der Trigeminus (*V*) hervor. Ueber den Ursprung des Nervus trochlearis (*IV*) und des Nervus oculomotorius (*III*) wurde früher bereits berichtet. Der erstere kommt hinter den Vierhügeln aus dem Velum medullare posticum, der zweite ventral aus den Hirnschenkeln heraus.

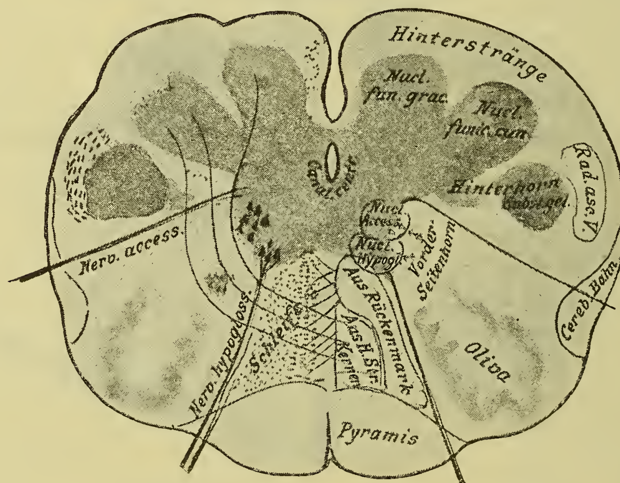


Fig. 127.
Schnitt durch die Oblongata in der Höhe der hintersten Hypoglossuswurzeln. Schema.

Wir haben vorhin die Betrachtung der Oblongataschnitte da abgebrochen, wo der Centralkanal sich zur Rautengrube erweitert. Schon vorher sind in seiner Umgebung die ersten Kerne der Hirnnerven aufgetreten. Aus Zellen des lateralen Theiles des Vorderhorns kommen die Accessoriusfasern und aus einer ventral von ihnen gelegenen Stelle, die etwa der Basis des früheren Vorderhorns entspricht, Nucleus hypoglossi, entwickeln sich die Hypoglossuszüge.

In beistehender Figur ist das schematisch angedeutet. Wenn Sie sich nun an der Hand dieser Zeichnung vorstellen, wie der Centralkanal durch Auseinanderweichen der Hinterstränge sich verbreitert, zum Ventriculus quartus wird, so begreifen Sie leicht, dass von nun an alle Nervenkerne

am Boden dieses Ventrikels, in der Rautengrube liegen müssen. Der Schnitt Fig. 128 lässt das denn auch deutlich erkennen. Nach aussen von den Kernen liegen die sehr faserarm gewordenen Hinterstränge mit ihren Kernen. Das Hinterhorn, kenntlich an der Substantia gelatinosa seines Kopfes, ist ganz abgetrennt, aber auch der basale Theil des Seitenhorns, aus dem die Fasern des motorischen Accessorius kamen, verliert kurz über der abgebildeten Schnitthöhe den Zusammenhang mit dem compacten Theil der grauen Substanz. Er erhält sich als eine ganglienzellenreiche Säule ventral von derselben bis hoch hinauf in die Brücke und giebt, wenn der Accessorius ganz ausgetreten ist, Fasern zum Vagus

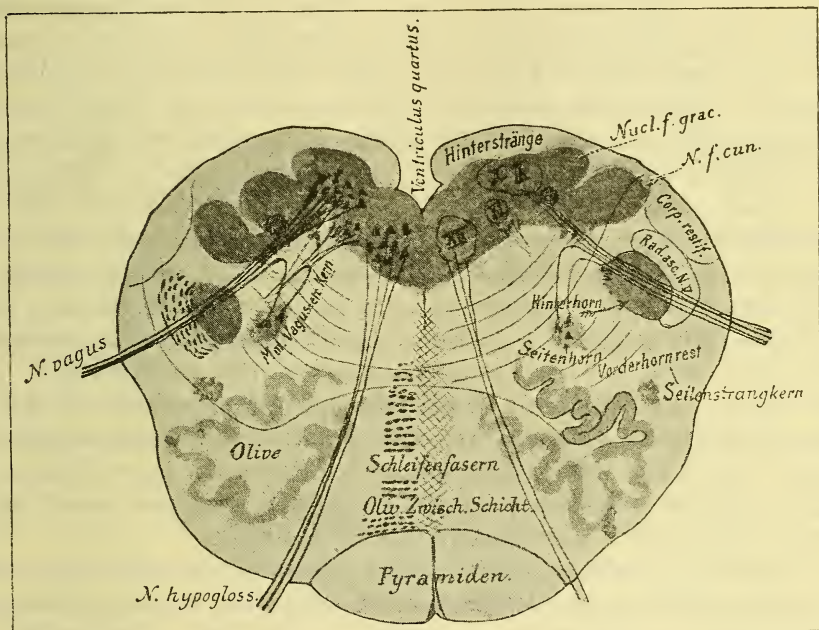


Fig. 128.

Schnitt durch die Oblongata in der Höhe des Vagusaustrittes (schematisirt).

(und Glossopharyngeus?) ab, die erst dorsal steigen und dann zu dem betreffenden Nervenstamme abbiegen (motorischer Vagus- u. s. w. Kern). Höher oben werden wir ihm wieder als Facialiskern begegnen. Sie können sich also merken, dass ausser dem Hypoglossus und den Augenmuskelnerven alle motorischen Fasern der Hirnnerven aus einer Zellsäule entspringen, welche in der Verlängerung der lateralen Vorderhornzellen liegt.

Wollen Sie noch auf Fig. 128 bemerken, wohin der Rest des Vorderhorns gerathen ist, und wie sehr die Oliven an Umfang zugenommen haben. Wenn das Seitenhorn abgetrennt ist, tritt dort, wo früher das Hinterhorn inserirte, also in einer Gegend, in der im Rückenmark Kerne sensibler

Nerven lagen, ein neuer grosser Nervenkern auf, mit spindelförmigen Zellen, welche denen des Hinterhorns ganz ähnlich sind, der sensorische Endkern des Nervus vagus. Er liegt am Boden der Rautengrube medial von der Ala cinerea (s. Fig. 125) und reicht nach vorn bis etwa dahin, wo dort die mittlere der weissen Querlinien verläuft. In dies vordere Ende treten Fasern des Nervus glossopharyngeus ein. Die Hauptmasse dieses Nerven stammt aber aus seiner aufsteigenden Wurzel, s. u. Für den Vagus haben wir also jetzt zwei Kerne kennen gelernt, einen ventralen, der nach seiner Lage (in der Verlängerung eines Vorderhornabschnittes) und nach dem Aussehen seiner Zellen (multipolar mit Axencylindern direct in den Nerven) motorisch ist, und einen dorsalen, der, in der Verlängerung der grauen Substanz an der Hinterhornbasis liegend, auch durch seinen Bau als sensorischer Kern angesprochen werden darf. Der erstere dieser Kerne wird auch als Nucleus ambiguus bezeichnet. Die aus ihm entspringenden Fasern treten alle dorsalwärts und schliessen sich dann erst, im Knie abbiegend, der gestreckt austretenden, viel stärkeren sensiblen Wurzel an (s. Fig. 128). Ausser von diesen beiden Kernen erhält der Vagus auch noch Fasern aus mindestens zwei anderen Stellen. Vom oberen Halsmark ab kann man ein feines Strängchen erkennen, das sich in die Oblongata hinauf bis dahin verfolgen lässt, wo die letzten Glossopharyngeuswurzeln abgehen. An seiner medialen Seite liegt eine Säule gelatinöser Substanz, in die spärliche Zellen eingebettet sind. Man bezeichnet den Strang als Fasciculus solitarius — gemeinsame aufsteigende Vago-Glossopharyngeuswurzel. Er ist im Querschnitt auf Fig. 123 und Fig. 128 dorsal von den Vaguswurzeln zu sehen. In der Höhe der Vaguswurzeln beginnt er zu diesen Fasern abzugeben, und es setzt sich dann dies Entströmen von Fasern durch einige Vagus- und fast alle Glossopharyngeuswurzeln fort.

Ein kleiner Theil der eintretenden Vaguswurzeln wendet sich in dem Fasciculus solitarius caudalwärts und tritt, allmählich zu Endramificationen aufgezweigt, in die graue ihn begleitende Säule ein. Es handelt sich also hier um eine absteigende Vaguswurzel.

Der Nervus glossopharyngeus tritt sogar mit seiner Hauptmasse in den Fasciculus solitarius und endet in dessen Grau, während nur ein relativ geringer Theil direct im Bodengrau des Ventrikels sich aufzweigt. Die Existenz dieses dicht vor dem Vaguskerne gelegenen „Glossopharyngeuskernes“ wird bestritten. Es ist in der That schwierig, die geringe in ihn eintauchende Nervenportion mit den gewöhnlichen Methoden zu finden. Die Anwendung der Golgimethode lehrt aber — Held —, dass die Verhältnisse so sind, wie ich sie oben darstellte. Vagus und Glossopharyngeus bekommen dann sehr wahrscheinlich noch eine absteigende Wurzel. Sie stammt aus dem Cerebellum, wo wir ihr schon als der directen sensorischen Kleinhirnbahn begegnet sind. Gerade die aus ihr zum Vagus gelangenden Fasern sind übrigens beim Menschen besonders schwer nachzuweisen. Eigentlich entspringen die sensiblen Fasern

der Nerven, von denen ich eben sprach, aus den Zellen des Wurzelganglions, aus welchen sie (His) ganz ebenso cerebralwärts weiter auswachsen, wie die sensiblen Rückenmarksnerven. Der erwähnte sensorische Kern ist ihre Endstation. Dort verzweigen sich die Fäserchen um Zellen herum. In die ventrale Seite des Kerns sieht man viele Fasern im Bogen eintreten. Durch die Anwendung der vergleichend entwicklungsgeschichtlichen Methode ist es gelungen, nachzuweisen, dass diese gekreuzt aus der Schleifenschicht der anderen Seite stammen. So haben wir also für den sensiblen Vagus (und das Gleiche gilt vom Glossopharyngeus) wieder das Schema der sensiblen Nerven: Nerv, Ursprungskern im Spinalganglion; Wurzel, Endkern (sensorischer Vaguskern), gekreuzte aufwärts führende centrale Bahn.

Am Boden der Rautengrube liegt zwischen dem Vaguskern und der Medianlinie noch eine kleine wulstige Erhabenheit, Clarke's Eminentia teres, in der von dem frontalen Ende des Hypoglossuskernes an bis etwa in das Gebiet des Quintusursprunges ein länglicher Kern spindelförmiger Zellen, der Nucleus funiculi teretis, Meynert's Nucleus medialis, nachweisbar ist. Die Bedeutung ist noch ganz unbekannt.

Der Hypoglossuskern besteht aus mehreren Gruppen von Ganglienzellen die alle unter sich durch ein feines Netzwerk verbunden sind. Aus den grossen multipolaren Zellen entwickeln sich feine Reiserchen, die, pinselartig zusammentretend, eine Anzahl von Nervenstämmchen constituiren.

Aus dem Kern entwickeln sich, ganz wie aus dem Vorderhorn, Fasern, Fibrae afferentes, welche über die Mittellinie hinwegtreten; sie gelangen aber nicht weit auf die andere Seite, sondern ziehen, in der Raphe gekreuzt, hirnwärts, um sich innerhalb der Brücke mit anderen (aus dem Facialiskern) zu vereinen. Das ganze Bündelchen gelangt dann in den Hirnschenkelfuss. Ist auch dieser Verlauf etwas abweichend von dem, welchen wir an den secundären motorischen Bahnen im Rückenmark kennen gelernt, so ist er im Wesen doch der gleiche: Wurzel, Kern, gekreuzte Bahn zum Fusse.

Ein Netz, welches den Hypoglossuskern in seinen einzelnen Theilen verbindet, ist von besonderem Interesse; es kommt in dieser Art nur noch an einem Kern, dem Oculomotoriuskern, vor. Es giebt aber auch keine anderen Nerven, deren Fasern immer so gleichzeitig und übereinstimmend in Action treten, wie die Hypoglossusfasern beim Schluckacte, die Oculomotoriusfasern bei der Augenbewegung.

Man kann jedoch in der Verlängerung des Hypoglossusnetzes hirnwärts, also dicht unter dem Ventrikelepithel, jederseits ein geflechtartiges Bündel markhaltiger Nervenfasern nachweisen, aus dem Fäserchen ventralwärts (zu den Kernen der Nerven) abgehen. Dies Bündel — dorsales Längsbündel, Schütz — liegt in der Oblongata zwischen Vaguskern und Eminentia teres. Es ist bis in die Vierhügelgegend hinauf verfolgbar, wo es unter die Faserzüge des centralen Höhlengraues geräth.

Da ich Ihnen heute wesentlich schematisirte Abbildungen vorlegen musste, so wird es zweckmässig sein, wenn Sie zum Schluss der Vorlesung

noch einen Blick auf die beistehende Abbildung des Hypoglossuskernes werfen. In allem Reichthum seiner Fasern und Zellen hat ihn Koch, dem wir die Kenntniss des Netzes verdanken, abgebildet.



Fig. 129.
Frontalschnitt durch den Kern des Nervus hypoglossus. Nach Koch.

Ventral vom Kern liegen noch einige Zellanhäufungen (Roller's Hypoglossuskern), aus denen aber keine Hypoglossusfasern stammen.

Die Pyramidenkreuzung wurde bereits 1710 von François Petit entdeckt. Die Oliven sind zuerst von Vieussens beschrieben worden. Makroskopisch wahrnehmbare Veränderungen beim Uebergang vom Rückenmark zur Oblongata, namentlich die Oberflächengestaltung kennt man durch Santorini, Reil, Burdach und Rolando, die Nuclei arciformes und die sie bedeckenden Fibrae arciformes anteriores hat Arnold zuerst genau geschildert, der sie als „Vorbrücke“ auffasste. Die Striae acusticae sind von Picolhomini entdeckt worden. Ueber ihre Beziehungen zum Hörnerven bestand schon in der vormikroskopischen Zeit ein lebhafter Streit. Eigentliche Aufklärung über den Ban des verlängerten Markes brachten aber erst die Untersuchungen von Stilling, Kölliker, Meynert, Schröder von der Kolk und Deiters. In neuerer Zeit ist namentlich den Nervenkernen dort eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt worden (Gudden, Roller, Freud, Laura, Duval, Koch, Darkschewitsch u. v. A.).

Zwölfte Vorlesung.

Die Medulla oblongata und die Haube der Brücke.

M. H.! Die letzte Vorlesung hat Sie gelehrt, wie durch Verlagern mächtiger Bahnen, durch Auftreten neuer Kerne und durch das Verschwinden der Hinterstränge die Oblongata sich ausbildet. Eine Anzahl von Faserzügen aus dem Rückenmarke haben wir aber noch nicht bis in die Höhen verfolgt, welche uns eben beschäftigen. Die Hinterstränge haben indirect ihre Fortsetzung in der Schleifenschicht gefunden, und eben dorthin sind auch die sensorischen Fasern zweiter Ordnung gelangt, welche in den Vorderseitensträngen aufsteigen. Die Pyramidenbahnen aus dem Vorder- und dem Seitenstrang liegen jetzt vereint ventral als dicke Pyramiden der Oblongata. Die Kleinhirn-Seitenstrangbahn behält bis hinauf in die Höhe der Olive ihre Lage ganz an der äusseren Peripherie. Dort beginnen die Fäserchen ihres dorsalen Theiles sich leicht ansteigend dorsalwärts dem Cerebellum zuzuwenden. Sie bilden dann bald den Kern eines mächtigen Bündels, das in dieser Höhe neu auftritt, des hinteren Kleinhirnarmes, Corpus restiforme. Der ventrale Theil, der Fasciculus antero-lateralis, bleibt bis hinauf in die Brücke an der alten Stelle liegen. Dann erst wendet er sich rückwärts zum Oberwurm hinauf.

Das Corpus restiforme entsteht lateral von dem oberen Ende der Hinterstränge zunächst dadurch, dass die Kleinhirn-Seitenstrangbahn dort, wie erwähnt, hinauf zum Kleinhirn zieht. Zu ihr nun treten als Verstärkung Fasern aus den Hintersträngen, welche, wie Sie an Fig. 122 und auch an Fig. 123 (links oben) sehen, ihr um die hintere äussere Peripherie der Oblongata herum zuwachsen, Fibrae arciformes externae posteriores. Auch von vorn her gelangen Fasern dorthin. Diese, die F. arc. ext. anteriores, stammen wahrscheinlich aus der Schleifenschicht zwischen den Oliven, also aus den gekreuzten Hintersträngen, treten nahe der Mittellinie vorn an die Oberfläche und ziehen theils ventral, theils dorsal von den Pyramiden, zum Theil auch sie durchschneidend, nach hinten aussen zum Corpus restiforme. Die letzteren Fasern hat man auch als Fibrae arciformes der Pyramiden bezeichnet (Fig. 126 von vorn). In sie ist ein kleiner Kern, der Nucleus arciformis (Fig. 130), eingelagert. So wachsen dem Corpus restiforme aus dem Rückenmarke zu: 1) die Kleinhirn-Seitenstrangbahn, 2) Fasern der gleichseitigen Hinterstränge, 3) Fasern wahrscheinlich aus den gekreuzten Hintersträngen.[1])

In dem Fig. 123 abgebildeten Entwickelungsstadium sind nur die Rückenmarksfasern markhaltig. Sie können sich daher an diesem Schnitt

---

1) Die sub 3 genannten Fasern bekommen Monate vor den Pyramiden und den Oliven, wahrscheinlich gleichzeitig mit den Hintersträngen, ihr Mark.

gut über Lage und Ausdehnung dieses Theiles des unteren Kleinhirnarmes orientiren. Die verschiedenen Arten der Fibrae arcuatae s. auch Fig. 130.

Im Corpus restiforme ist aber ausser den Rückenmarksfasern noch ein zweites, viel mächtigeres System enthalten, das, weil es sich viel später als das erste mit Markscheiden umkleidet, von diesem getrennt werden muss. Es sind Fasern zur Olive der gekreuzten Seite. Da sie aus dem Kleinhirn kommen und nicht weiter als in die Oliven verfolgt werden können, wollen wir sie einstweilen Kleinhirn-Olivenfasern des Corpus restiforme nennen. Erst durch sie wird der untere Kleinhirnschenkel zu einem mächtigen Gebilde.

Die Olive, Oliva inferior, ist ein Hohlkörper von der Form eines beiderseits zugespitzten Eies, dessen Oberfläche ausserordentlich stark gefaltet ist. Medialwärts hat sie einen langen breiten Spalt — Hilus Olivae. Den vielgefalteten Querschnitten sind Sie bereits auf manchen Schnitten begegnet, die ich Ihnen vorgelegt habe. Die Olive hat frisch eine graue durchsichtige Färbung, weil sie wesentlich aus dichter Gliamasse besteht, in die vielverästelte Ganglienzellen eingelagert sind. Diese Zellen senden einen langen Stammfortsatz aus (Vincenci), um sie herum verzweigen sich die Endpinsel eines anderen Fasersystems (Kölliker).

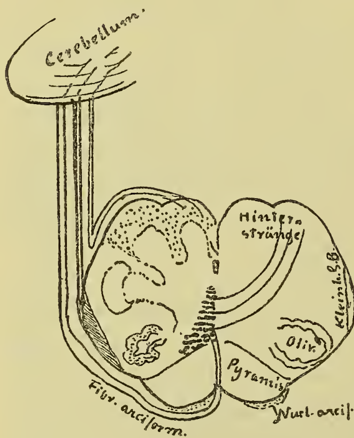


Fig. 130.
Ursprung des Rückenmarktheiles des Corpus restiforme. Die Fasern enden zumeist oder alle im Wurme.

Aus dem Corpus restiforme tritt die Kleinhirnolivenbahn, eine mächtige Fasermasse, welche von aussen, von vorn und von hinten die Olive umgiebt, durch ihr Markblatt hindurchdringt und sich im Innern zu einem kräftigen Bündel von Nervenfasern sammelt, das dann aus dem Hilus der Olive heraustritt, die Raphe überschreitet und bis in die andere Olive verfolgt werden kann. Wenn eine Kleinhirnhälfte verloren geht, atrophirt die gekreuzte Olive. Dorsal von der Olive ziehen im Bereiche der Substantia reticularis eine Anzahl Faserbündel, die mit Fasern aus dem das Ganglion umgebenden Geflecht im Zusammenhang stehen, in der Haube aufwärts (Bechterew's centrale Haubenbahn, Stilling's Seitenstrangrest).

Die Kleinhirn-Olivenbahn des Corpus restiforme kommt wesentlich von der Aussenseite des Vliesses. Dies ist wiederum durch den Nucleus dentatus Cerebelli, den es umgiebt, mit dem Bindearm im Zusammenhang. So können wir uns vorstellen, dass die Olive, das gekreuzte Corpus restiforme, das Vliess, der Bindearm und der rothe Haubenkern wieder der gekreuzten Seite ein Leitungssystem bilden. Manches, namentlich Experi-

mente an Thieren, spricht dafür, dass diese Bahn für die Erhaltung des Körpergleichgewichts und des Muskeltonus von Wichtigkeit ist.

In der Höhe der Oblongata, wo der Vaguskern liegt, sind die meisten Rückenmarksfasern in das Corpus restiforme getreten. Ebenso enthält dasselbe dort schon einen Theil der Olivenbahn. Als dickes Bündel liegt es nach aussen von den letzten Resten der Hinterstränge.

Es ist jetzt dasjenige Querschnittsbild entstanden, welches für die Oblongata typisch ist. Lassen Sie uns, nachdem Sie die Mehrzahl der dort vorhandenen Bildungen einzeln kennen gelernt haben, nun einmal dieses Bild in seiner Gesammtheit durchmustern. Manches noch nicht Erwähnte wird sich dann auch leicht einfügen. Figur 132.

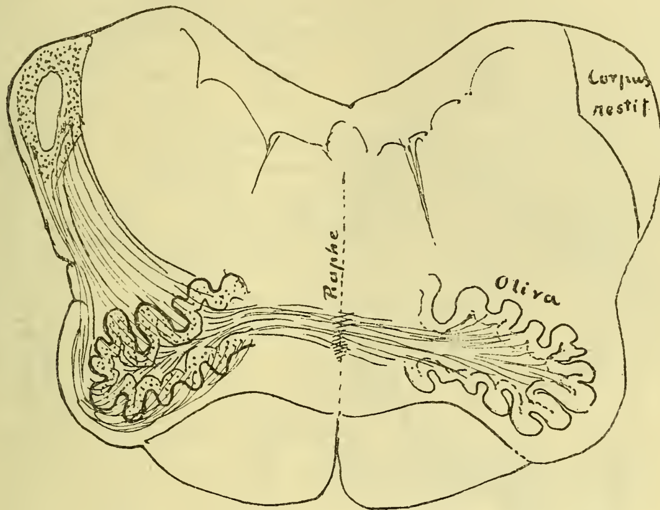


Fig. 131.
Der Kleinhirn-Olivenantheil des Corpus restiforme. Die Fasern enden zumeist im Vliess des Corpus dentatum. Das weiss gelassene Feld im linken Corpus restiforme giebt die Lage des Rückenmarkantheiles an.

Ventral liegen die Pyramiden. Das lange dreieckige Feld querdurchschnittener Nervenfasern dicht hinter ihnen ist die Olivenzwischenschicht, die gekreuzte Fortsetzung der hinteren Wurzelfasern. Die Kerne der Hinterstränge liegen, nur noch von wenig Nervenfasern überzogen, dorsal aussen. Zahlreiche Fibrae arciformes internae entspringen dort und dringen, das motorische Feld der Haube, wie die Region zwischen Hinterhorn und Olivenzwischenschicht heisst, durchsetzend, in die Raphe und von da auf die andere Seite.

Ganz den gleichen Verlauf haben eine Strecke weit die Olivenkleinhirnfasern. Auf der Zeichnung sind sie allerdings punktirt, factisch aber sind beim Erwachsenen die beiden Arten von Fibriae arciformes internae nicht zu unterscheiden. Erst die Untersuchung der Markscheidenbildung hat ja ihre Trennung ermöglicht.

In der Mittellinie müssen sich natürlich alle diese Züge mit den von

der anderen Seite kommenden kreuzen. Diese Linie mit ihren vielen Kreuzungen heisst Raphe.

Die Olivenzwischenschicht oder Schleife enthält in dieser Höhe ausser den in den Vorderseitensträngen aufgestiegenen Bahnen schon den grössten Theil der aus den Hinterstrangkernen stammenden. Diese letzteren gelangen weiter vorn wesentlich in die obere Schleife.

Beachten Sie auf dem Schnitte auch die aus der Schleifenschicht zum Vaguskern der gekreuzten Seite tretenden Fäserchen, sie sind das Analogon der Kreuzungsfasern aus dem Vorderseitenstrang zum Hinterhorn, die secundäre Vagusbahn.

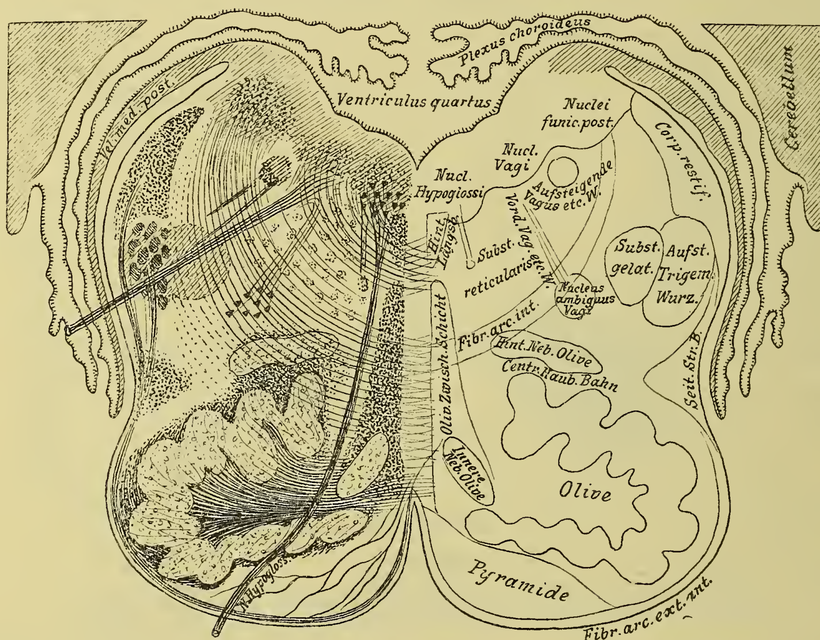


Fig. 132.
Schnitt durch die Medulla oblongata.

Dorsal von der Schleifenschicht begegnen uns zum ersten Male wieder die Ihnen schon von der 7. Vorlesung her bekannten hinteren Längsbündel. Schon im Bereich des ersten Cervicalnerven hätten wir ihre Fasern in der Tiefe des Vorderstranges treffen können.

Beiderseits aussen von den Pyramiden liegen die unteren Oliven. Sie sind von den Fibrae arciformes durchbrochen, die, wie Sie jetzt wissen, zum Theil in ihnen enden, soweit sie aus dem Cerebellum stammen, zum Theil, soweit sie aus den Hinterstrangkernen kommen, sie nur durchziehen.

Lateral sowohl als dorsal von der Olive liegen die innere und hintere Nebenolive, Kerne, die ähnlich gebaut sind, wie die Oliven, und wie diese von den Fibrae arcuatae durchbrochen werden. Durch die erstere, die innere, treten namentlich die Fasern aus der einen zur anderen

Olive, die hintere wird wesentlich von den Hinterstrangfasern durchschnitten, wie das in der Zeichnung angedeutet ist. Die innere Nebenolive heisst auch Nucleus pyramidalis.

Dorsal von der Olive liegt im Bereich der hinteren Nebenolive ein Markfeld, das von nun an mitten in der Haube immer sichtbar bleibt und bis über den Ursprung des Trigeminus hinauf mit Sicherheit verfolgt werden kann.

Die Gesammtheit der Fasern — centrale Haubenbahn — verbindet wahrscheinlich die Olive mit dem Mittelhirn.

Die hintere Peripherie des Schnittes wird eingenommen von den Nervenkernen. Zu innerst liegt der Kern des Nervus hypoglossus, dessen Fasern, die Olivengegend durchbrechend, ventralwärts dringen (vgl. Fig. 129). Aus der Raphe ziehen zahlreiche Fasern in ihn. Nach aussen folgt dann der Endkern des Vagus. Ein Rest der lateralen Vorderhornzellen liegt als vorderer oder motorischer Vaguskern dicht vor dem Hinterhorn. Die ihm entspringenden Fasern machen vor ihrem Austritt ein Knie, um sich zur Wurzel aus dem sensorischen Kern zu gesellen.

Das dünne Bündel querdurchschnittener Nervenfasern, welches nach aussen von dem vorhin genannten sensorischen Kerne liegt, ist die gemeinsame aufsteigende Vago-Glossopharyngeuswurzel.

Nach aussen vom gemeinschaftlichen Kerne der drei Nerven liegen, nur noch von wenigen Nervenfasern bedeckt, die Kerne der Hinterstränge, nach vorn von ihnen finden Sie die Substantia gelatinosa vom Kopfe des Rückenmark-Hinterhorns. Sie ist aussen umschlossen von einem dicken, vielfach zerklüfteten Bündel markhaltiger Nervenfasern, das sie schon vom obersten Halsmarke an begleitet, nach oben aber etwas stärker wird. Dies Bündel kann bis hoch hinauf in die Brücke verfolgt werden. Dort gesellt es sich zu den austretenden Fasern des Trigeminus, geht vielleicht auch mit dessen Kernen Verbindungen ein. Ueber diese Radix ascendens Trigemini, besser descendens, vergl. die Notiz S. 167 unten.

Das Gebiet zwischen den Oliven und den Kernen der Hinterstränge, welches nach aussen von der Kleinhirn-Seitenstrangbahn und der aufsteigenden Quintuswurzel, nach innen von der Schleife begrenzt wird, enthält ausser den zahlreichen Fibrae arciformes internae noch eine Anzahl von Fasern kurzen Verlaufes und ausserdem, zwischen diese gelagert, multipolare, zerstreut liegende Nervenzellen. Man bezeichnet diese noch unverstandene Formation als Formatio reticularis und den Bereich, welchen sie einnimmt, als motorisches Feld der Haube. Bei allen Wirbelthieren finden sich hier Zellanhäufungen, die sich bei den meisten bis in die Raphe als zerstreute Häufchen vorfolgen lassen. So lange über ihre Bedeutung keine Klarheit ist, wird man gut thun, für die Gesammtheit mit Bechterew den Namen Nucleus reticularis tegmenti zu acceptiren.

Bis in die Formatio reticularis können diejenigen Fasern der Vorder-

seitenstränge verfolgt werden, welche nicht sich der Schleifenschicht anlegen. Möglicher Weise treten sie aber höher oben noch zu ihr.

Wenn man nun weiter Schnitte durch das verlängerte Mark macht, so ändert sich für ca. 2 Mm. das Querschnittsbild wenig. Man sieht, dass der sensorische Vaguskern, weit hinaufragend, fortwährend an seinem ventralen Rande Wurzelbündel von der Peripherie empfängt. Aus dem Fasciculus solitarius wenden sich nahe der frontalen Spitze des Vaguskernes die Fasern des Glossopharyngeus in einzelnen Bündelchen nach aussen. Nur das Corpus restiforme nimmt jetzt an Umfang enorm zu. Treten doch hier zu ihm aus dem Cerebellum die Olivenfasern herab.

Fig. 133.
Die Zusammensetzung der Oblongata am caudalen Brückenrande.

Die letzten Schnitte vor der Brücke (Fig. 133) zeigen, dass die Hinterstrangkerne verschwunden sind, dass an ihrer Stelle die enorme Fasermasse des Corpus restiforme liegt. Ihr ist innen ein neues Feld von Querschnitten angelagert, die *directe sensorische Kleinhirnbahn*. Wo sie begann, ist schwer zu sagen, vielleicht war sie schon innerhalb der Hinterstrangkerne vorhanden. Möglicher Weise liegt in diesem Felde noch eine zum *Acusticus aufsteigende Wurzel*. Aus dem Corpus restiforme ziehen Fasern zu der in diesen Ebenen schon stark verkleinerten unteren Olive. Die Schleife liegt noch, wie sie auf dem letzten demonstrirten Schnitte lag, ebenso die centrale Haubenbahn. Neu aufgetreten sind drei Kerne. Einer, an der Stelle gelegen, von der weiter caudal die motorischen Vagusfasern entsprangen (Fig. 144), sendet seine Fäserchen

alle dorsalwärts und nach innen, wo sie sich bald nahe der Mittellinie zu einem Bündel sammeln werden, das ist der Facialiskern. Der zweite Kern liegt nach aussen vom Corpus restiforme. Einstweilen sehen wir in ihn nur Fasern eintreten, welche von dorsalwärts aus der Gegend des eben in dieser Höhe sichtbar werdenden dorsalen Acusticuskernes stammen, in den nächsten Schnitten aber werden Sie erkennen, dass hier ein sehr mächtiges Gebilde vorhanden ist, der ventrale — früher vordere — Kern des Acusticus. Beobachten Sie schon hier, wie er zwischen das Kleinhirn und das Corpus restiforme eingelagert ist. Die Hervorragung ventral von ihm, an der Aussenseite der Oblongata, heisst Tuberculum acusticum.

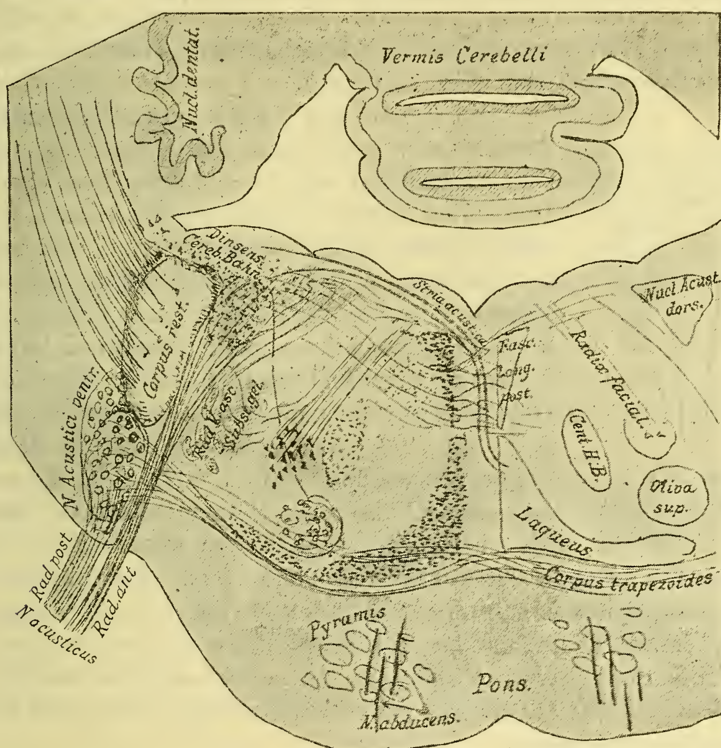


Fig. 134.
Die wichtigsten Elemente, welche ein Schnitt in der Gegend des Acusticusursprunges aufweist.

Aufwärts schreitend sind wir jetzt an der Stelle angekommen, wo sich die ersten Brückenfasern aus dem Cerebellum über die Pyramiden an der ventralen Seite der Schnitte hinlegen.

Nun beginnt eine Gegend, in der auf verhältnissmässig sehr engem Raum sich wichtige Formverhältnisse zusammengedrängt finden, die Gegend, in die der Acusticus eindringt, und aus welcher der Facialis und der Abducens entspringen.

Der achte Hirnnerv besteht aus zwei Nerven, für die bekanntlich

verschiedene Function nachgewiesen ist. Es ist deshalb der Vorschlag gemacht worden, die beiden Bündel — Nervus cochleae und Nervus vestibuli — ganz zu trennen und den ersteren allein als Hörnerven zu bezeichnen. Der Nervus cochleae entspringt — wie Retzius jetzt mit aller Sicherheit nachgewiesen hat — aus den Zellen des Ganglion spirale der Schnecke. Diese Zellen senden peripher einen feinen Ast aus, der sich rasch zwischen den Hörzellen aufzweigt, Fig. 15 b, während centralwärts, analog der hinteren Wurzel aus den Spinalganglienzellen zum Rückenmark, die Hörnervenwurzel — bisher Hörnerv genannt — abgeht.

Auf dem Fig. 134 dargestellten Schnitt sehen Sie, wie diese als „Radix posterior" mit zarten Fasern in den oben schon erwähnten ventralen Acusticuskern eintritt. Sie zweigt sich um die mächtigen Zellen dieses Kernes zu feinen Endbäumchen auf. Damit hat das erste Neuron des Acusticus sein Ende gefunden.

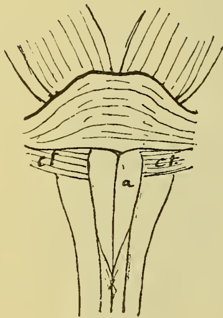


Fig. 135.
Medulla oblongata und Pons eines Affen, zur Demonstration des Corpus trapezoides *ct*.

Die Zellen des Nucleus ventralis senden ihre Axencylinder medialwärts, wo man sie als starken Zug geschlossen aus dem Kerne austreten sieht. Dieser Zug heisst Corpus trapezoides. Er liegt direct dorsal von der Brückenfaserung und wird bei den Thieren, weil ihre Brücke kürzer als die des Menschen ist, frei an der Hirnbasis sichtbar. Siehe Fig. 135. Die Axencylinder des Corpus trapezoides ziehen zu einer kleinen Gruppe von Ganglien, der Oliva superior und zwar sowohl auf der gleichen Seite als auch nach Ueberschreiten der Mittellinie der gekreuzten Seite. Fig. 134 und 137. Hier scheint das zweite Neuron der Hörnervenbahn zu enden. In die obere Olive tauchen mit massenhaften Endverzweigungen die Fasern der lateralen Schleife. Durch diese ist eine Verbindung des Acusticus mit den hinteren und wahrscheinlich auch den vorderen Vierhügeln hergestellt. Aus den Zellen der Olive entspringt eine Bahn zum Kerne des Nervus abducens, deren noch später zu gedenken ist, und schliesslich endet in diesem merkwürdigen Gangliencomplex noch ein Zug aus dem Cerebellum.

Der Nucleus ventralis, in welchem der Nervus cochleae endet, liegt ventral von der Stelle, wo das Corpus restiforme sich aufwärts in das Kleinhirn wendet. In dieser Höhe wird fast der ganze Boden der Rautengrube von einem zweiten Kern des achten Hirnnerven eingenommen, von dem Nucleus dorsalis. Hier endet ein grosser Theil des Nervus vestibuli. Der Nervus vestibuli stammt ebenfalls aus Ganglienzellen — im Bereich der Ampullen, die ihre peripheren Fortsätze zwischen das Epithel der Macula und Crista acustica senden, während ihr centraler Fortsatz hirnwärts sich wendet.

Von den beiden zum Acusticus zusammentretenden Bündeln ist der Vestibularis das frontalere. Er tritt, medial vom Corpus restiforme und

der aufsteigenden Quintuswurzel, durch die Oblongata dorsalwärts, dem Bodengrau zu. Ein Theil seiner Fasern endet da in dem dorsalen Kerne mit Endaufzweigungen. Diese Fasern aber senden, ganz wie die in die Hinterstränge eintretenden Wurzeln der sensiblen Nerven, ehe sie im Grau sich aufsplittern, Fasern in caudaler Richtung. Absteigende Acusticuswurzel (Roller). Ein Theil der Fasern des Nervus vestibuli endet übrigens nicht im Acusticuskerne, sondern begiebt sich zu noch nicht genügend gekannten Kernen zwischen Kleinhirnwurm und Oblongata.

Der Nervus vestibularis hat ebenfalls eine grosse Menge von anatomischen Beziehungen zu anderen Hirngebieten.

Der Nucleus dorsalis ist durch eine Bahn mit der oberen Olive und durch lateral von ihm abgehende Züge mit dem Cerebellum verbunden. Ueber die cerebellaren Beziehungen der Vestibularis-Fasern, welche weiter hinauf als bis zu diesem Kern ziehen, wissen wir noch nichts Sicheres.

Dann besteht eine starke Verbindung mit der Schleife.

Aus der Raphe sieht man beim erwachsenen Menschen massenhaft Fasern groben Kalibers auftauchen, die sich nahe dem Boden der Rautengrube kreuzen und nun über diesen Boden weg zu Bündeln gesammelt dahinziehen. Diese, Striae acusticae, gelangen von oben her in den dorsalen und, indem sie das Corpus restiforme umgreifen, auch in den ventralen Acusticuskern (Fig. 133 und 134).

Monakow sah die Striae atrophiren, als er hoch oben an den Vierhügeln die gekreuzte laterale Schleife zerstörte. Dies und ihr Verhalten bei niederen Wirbelthieren gestatteten die Deutung der Striae als centrale sensorische Acusticusbahn.

Lateral vom Nucleus acustici dorsalis liegt das Feld der directen sensorischen Kleinhirnbahn. Aus ihm treten wahrscheinlich auch in den Acusticus Fasern ab. Die Bahn wendet sich in dieser Höhe als Innere Abtheilung des Corpus restiforme kleinhirnwärts. Hier liegt in sie eingebettet ein Kern von noch unbekannter Bedeutung, der früher als äusserer Acusticuskern bezeichnet wurde. Er atrophirt, wenn der Halstheil des Rückenmarkes auf der gleichen Seite durchschnitten wird (Monakow). Eine Verbindung mit dem Hörnerven ist noch nicht sicher erwiesen. So ist es besser, ihn einstweilen mit dem Namen seines Entdeckers, des um die Anatomie der Oblongata hochverdienten Deiters, als Deiters'schen Kern zu bezeichnen.

Die Ursprungsverhältnisse des Acusticus, die lange dunkel waren, sind in den letzten Jahren durch verschiedene Forscher untersucht worden, die nicht alle zu den gleichen Resultaten gelangten, wie sie hier wesentlich auf Grund eigener Untersuchungen vorgetragen werden. Der Verfasser und Freund, welche an menschlichen Früchten untersuchten, kamen zu wesentlich gleichen Resultaten; Bechterew und Flechsig bestreiten, dass die vordere Wurzel aus dem dorsalen Kerne stamme, lassen sie vielmehr von Zellen in der Nachbarschaft des Deiters'schen Kernes heruntersteigen. Der Ursprung der hinteren Wurzel aus dem ventralen Kern wird von allen Seiten zugegeben. Dieser Kern wird auch nach Ausreissung des Hörnerven atrophisch (Forel, Onufrowics, Baginski).

Die für unsere Auffassung des Acusticus so wichtige Endverzweigung im Ohre, die Beziehungen der dort liegenden Ganglienzellen sind von Retzius und Gehuchten studirt worden. Für das feinere Detail der Aufsplitterung in den einzelnen Kernen bin ich wesentlich den Angaben von Held gefolgt.

In den Schnittebenen, welche den ventralen Acusticuskern enthielten, war auch der Kern des Nervus facialis bereits sichtbar. Fig. 133. Er besteht aus einer langen Reihe von zu Gruppen angeordneten Zellen. Aus derselben entströmen fortwährend Fasern dorsalwärts. Sie sammeln sich allmählich zu einem kräftigen Bündel, das unter dem Boden des Ventrikels angelangt plötzlich eine scharfe Wendung in frontaler Richtung macht,

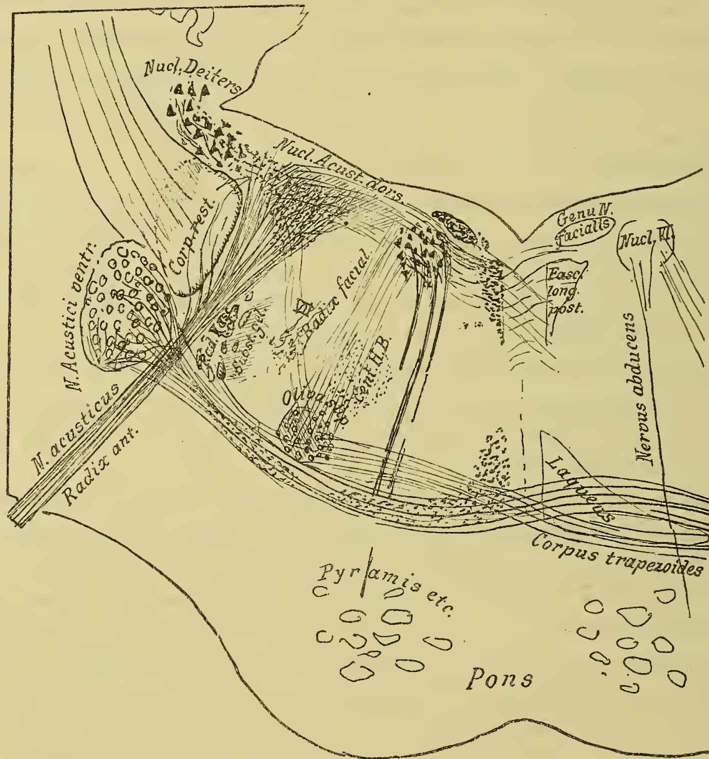


Fig. 136.
Schnitt in der Gegend des Abducensursprunges.

um dann ebenso scharf abbiegend sich ventralwärts nach der Aussenseite der Oblongata zu wenden. Die Facialiswurzel macht also ein doppeltes Knie. S. Fig. 137, 138. In dieses Knie ist der Kern des Abducens eingelagert.

Dem Stamme der Facialiswurzel schliessen sich Fäserchen aus der aufsteigenden Trigeminuswurzel an. Das ist vielleicht wichtig, weil wir wissen, dass aus diesem Theile des Trigeminus gerade die sensiblen Fasern für das Gesicht stammen.

Die Wurzeln des Abducens gelangen in mehreren Bündelchen gestreckten Verlaufes, welche die Haube und die Brücke durchsetzen, an

der Brückenbasis nach aussen. Der Kern steht medial durch Fasern mit dem hinteren Längsbündel in Verbindung. Es wird behauptet, erscheint mir aber noch nicht genügend bewiesen, dass diese Fasern oben in den gekreuzten Oculomotorius eintreten. Ganz sichergestellt aber ist eine merkwürdige Verbindung des Abducenskernes mit der oberen Olive. Dieser Zug, den Sie auf der Fig. 136 parallel der Facialiswurzel dahinziehen sehen, muss den Acusticus in Verbindung mit den Augenbewegungsnerven setzen und ist vielleicht wichtig für die Aufrechterhaltung unserer Orientirung im Raume.

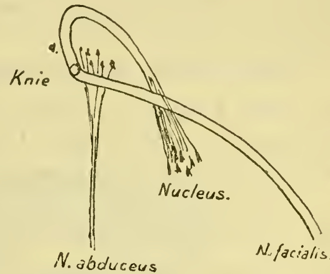


Fig. 137.
Schema des centralen Verlaufes des N. facialis und des N. abducens.

Wollen Sie, ehe wir weiter schreiten, noch einmal die übrigen, im Texte nicht mehr besonders genannten Haubengebilde aufsuchen, um ihre Lage und Gestalt in diesen Höhen kennen zu lernen. Einer, der Nucleus reticularis tegmenti, welcher gleichmässig mit den Fasern der Substantia reticularis über die Gegend zwischen der Raphe und der Facialiswurzel zerstreut liegt, ist in den Abbildungen, um deren Klarheit nicht zu beeinträchtigen, nicht eingezeichnet. Er wäre in allen Höhen, die wir auf Schnitten kennen lernten, zu sehen gewesen.

Die beistehende Abbildung (Fig. 138) schliesst sich direct der vorhergehenden an und soll nur zeigen, wie der Facialis sich nach kurzem Verlaufe ventralwärts wendet, und wie die directe sensorische Kleinhirnbahn jetzt aufwärts in das Cerebellum tritt. In dem letzteren sind in dieser Höhe schon die von vorn kommenden Bindearme zu sehen.

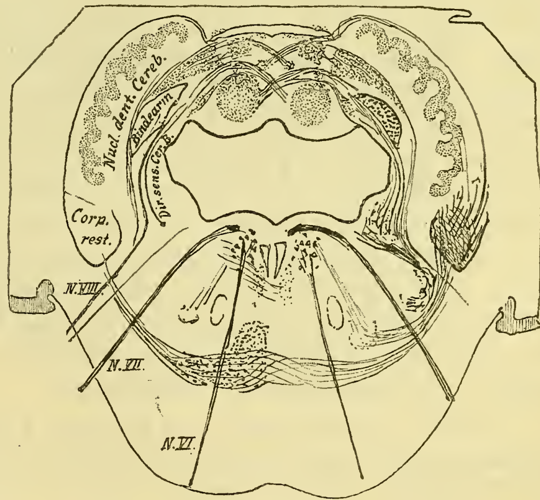


Fig. 138.
Schnitt an der Stelle, wo die innere Abtheilung des Corpus restiforme in das Cerebellum tritt.

Wenn einmal der Acusticus, der Facialis und der Abducens die Haube verlassen haben, wird das Bild, welches ihr Querschnitt bietet, natürlich wesentlich einfacher.

Wir betreten das Eintrittsgebiet des Nervus trigeminus. Zunächst tritt in der Fortsetzung des Facialiskernes, doch etwas dorsaler, der motorische Trigeminuskern auf. Aus ihm kommt, wieder in leichtem Knie, die tomorische Wurzel, die Portio minor, welche die Kaumuskeln versorgt.

Wahrscheinlich gelangen mit ihr auch Fasern heraus, welche aus dem gekreuzten motorischen Kerne stammen und durch die Raphe herübertreten.

Es treten aber mit dem mot. Trigeminus auch Fasern aus der Brücke, welche nicht im motorischen Kerne, sondern hoch oben in der Vierhügelgegend entspringen, wo spärliche Ganglienzellen, seitlich vom Aquaeductus Sylvii (in Fig. 86 links oben), der Radix descendens Nervi trigemini Ursprung geben.

Diese Zellen setzen sich caudalwärts, immer in der Seitenwand, fort, und man kann eine grössere Ansammlung von ihnen durch das dünne Ventrikelependym als dunkle Gruppe vorn, jederseits am Anfang des Ventriculus quartus, durchschimmern sehen. Sie heisst dort Lobus coeruleus.

Der Hauptheil des Nervus trigeminus entstammt zweifellos den Zellen des Ganglion Gasseri, deren peripher gerichteter Fortsatz eben zum Nerven wird, während ein central verlaufender als dicke „Wurzel" in die Brückenfaserung eintritt. Diese durchbohrt er und senkt sich zu einem geringen Theil in den dort liegenden Endkern (sensibler Trigeminuskern) ein. Zum grösseren Theil aber wendet er sich entlang einer Säule grauer Substanz (Substantia gelatinosa Trigemini) spinalwärts, und es kann die Quintuswurzel, die auf verschiedenen Höhen Fäserchen in die graue Säule abgiebt, bis hinab zum Cervicalmark verfolgt werden. Dieser Zug, welcher nach neueren entwickelungsgeschichtlichen Studien (His) also eine absteigende Wurzel zum Endkern ist, wird von jeher als Radix ascendens Nervi trigemini bezeichnet. Er wurde in diesen Vorlesungen schon öfters erwähnt als ein dickes, fast im Halbmond gelagertes Bündel markhaltiger Nervenfasern, welches den Kopf des Hinterhornes auf den meisten in den beiden letzten Vorlesungen demonstrirten Schnitten umgab. Der Hauptstamm des Quintus heisst da, wo er nahe dem motorischen Kern in die Brücke eintritt, Portio maior. In diese Portio maior Trigemini gelangen auch Fasern von dorsal her, nämlich die dort aus dem Cerebellum herabsteigenden Züge der directen sensorischen Bahn. Es sind ihrer nicht viele. Aber bei niederen Wirbelthieren, besonders bei Fischen, bilden gerade diese die Hauptursprungsmasse des Nerven. Die Stelle im Cerebellum, wo sie entspringen, ist bei diesen Thieren ein grosser wirklicher Lappen des Kleinhirns.

Zu dem Trigeminuskern am frontalen Ende der Substantia gelatinosa gelangen massenhaft quer über den Boden der Rautengrube hinweg Fasern aus der Raphe, und eben solche ziehen in den Locus coeruleus. Sie entsprechen der secundären oder centralen Bahn, die wir bisher bei allen Hirnnerven gefunden, und es lässt sich auf vergleichend entwicklungsgeschichtlichem Wege nachweisen, dass diese auch beim Menschen noch sehr mächtigen Faserbündel der gekreuzten Schleife entstammen, welche sie möglicher Weise so verlassen, dass sie eine kurze Strecke erst als Fasern horizontalen Verlaufes durch die Substantia reticularis dahinziehen.

Die Trigeminuswurzeln lassen sich nicht auf einem einzelnen Schnitte demonstriren. Sie treten ja von vorn und von hinten her zu der Stelle

am Boden der Rautengrube, von wo sie sich in die Tiefe zum Austritt wenden.

Vom Abgange des Quintus bis hinauf zum Abgange des Trochlearis bietet die Haube der Brücke einen relativ einfacheren Bau, als wir ihn bisher an ihr erkannt haben.

Schon auf dem Schnitte, den ich Ihnen zuletzt demonstrirte, sahen Sie, dass von der grossen Masse des Cerebellum sich die Bindearme loszulösen begannen. Sie treten nun ganz heraus und legen sich zunächst an die äussere Seite der Haube beiderseits an.

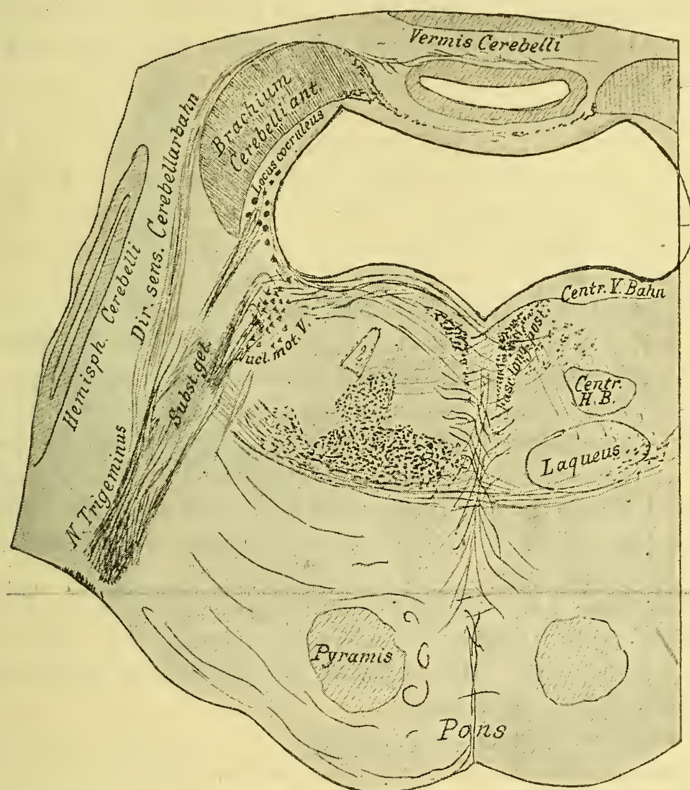


Fig. 139.
Schnitt an der Stelle, wo die aufsteigende Trigeminuswurzel nach aussen abbiegt. Trigeminuswurzeln.

Die Fasern der Schleifenschicht finden wir nun als eine breite Lage, welche die Fussfaserung in der Brücke schon ganz so von der Haubenfaserung trennt, wie wir es früher an Schnitten durch die weiter frontal liegenden Hirnschenkel erkannt haben.

Man unterscheidet jetzt an der Schleife die laterale Abtheilung aus den hinteren Vierhügeln wesentlich zu Trigeminus und Acusticus, von der medialen. Schon beginnt die erstere, sich hinauf zu den Vierhügeln zu wenden. Da, wo sich die Schleife dorsalwärts wendet, sind ihr Ganglien-

zellen eingelagert (lateraler Schleifenkern, Obersteiner). Diese Gruppe lässt sich vorwärts bis in den am äusseren Rande der Substantia nigra gelegenen oberen Schleifenkern verfolgen.

Die medialen Schleifenbündel scheinen die Fortsetzung der aus dem Vorderhirn und Thalamus stammenden Schleifenfaserung, der oberen Schleife, zu sein. Sie degeneriren spinalwärts, wenn die Haubenbahn im Grosshirn unterbrochen wird. Nach Flechsig und Höfel sind es diese Schleifenantheile, welche wesentlich die Hinterstrangkerne mit cerebralen Fasern versorgen.

Wir haben Schleifenfasern zu allen sensiblen Endkernen kennen gelernt. Die Schleife enthält eben die secundären sensorischen Bahnen und führt sie hinauf zu dem Mittelhirn. Monakow ist es gelungen, zu derselben Zeit den experimentellen Beweis für diese Auffassung zu erbringen, wo ich aus vergleichend anatomischen Gründen sie aufgestellt habe. Auf dem Wege der experimentellen Herstellung von Degenerationen lässt sich sogar der Schleifenantheil für einzelne Nerven, Trigeminus, Acusticus u. s. w., absondern.

In gleicher Horizontalebene mit der Schleife, dorsal von der Brückenfaserung, trifft man, ganz medial, noch ein Bündel dicker Fasern. Dasselbe stammt aus der Pyramidengegend des Fusses. Es wurde in der 7. Vorlesung gezeigt, wie es sich dort loslöst und, den ganzen Fuss des Hirnschenkels nach innen umgreifend, an die mediale Seite der Schleife gelangt. Spitzka hat es aus vergleichend anatomischen Gründen sehr wahrscheinlich gemacht, dass dieses Bündelchen die centralen Bahnen für die motorischen Hirnnerven enthält. In der That kann man sich überzeugen, dass aus ihm fortwährend Fasern in die Raphe aufsteigen, und sieht am dorsalen Ende der Raphe Fasern über die Mittellinie hinweg nach den Kernen, des Hypoglossus mindestens, treten.

Wir kommen jetzt allmählich in die Gegend der Brücke, wo das Dach des Hinterhirns nicht mehr vom Kleinhirn, sondern vom Velum medullare anticum gebildet wird. Dort beginnt der Ventriculus quartus sich zum Aquaeductus Sylvii zu verengern.

Die einzelnen Bestandtheile, welche in dieser Höhe die Haube zusammensetzen, treten sehr deutlich hervor an dem folgenden, nicht schematisirten Querschnitt durch den obersten Theil der Brücke einer neun Monate alten Frucht. Im Fuss ist zu dieser Zeit nur ein kleines Bündel markhaltig. In der Haube aber sind die Schleifenschicht, dann die Bindearme, das hintere Längsbündel und viele Fasern der Substantia reticularis vollkommen ausgebildet. Die Bindearme gehen oben in das Velum medullare anticum über, auf dem das vordere Ende der Lingula ruht. Unten, über der Schleifenschicht, sind schon die hintersten Fasern der Bindearmkreuzung zu sehen.

Die absteigende Trigeminuswurzel liegt zu beiden Seiten des Aquaeductus als dünnes Faserbündelchen. Nach innen von ihr, unter dem Boden des Aquaeductus oder dem vorderen Ende der Rautengrube, haben Sie

sich die Zellen des Locus coeruleus zu denken, die an dem gezeichneten Präparate nicht ganz deutlich waren. Die Substantia reticularis besteht hier wesentlich aus Längsfasern, welche nicht höher als bis zum Niveau der vorderen Vierhügel zu verfolgen sind. Nahe der Mittellinie liegt beiderseits das hintere Längsbündel.

Von jetzt an ändert sich das Querschnittsbild der Haube bis in die Vierhügelgegend nicht mehr wesentlich. Die Schleife beginnt sich aussen um die Haube herum nach hinten zu schlagen, um das Gebiet unter den Vierhügeln zu erreichen. Sie erinnern sich, dass dieses Aufsteigen von Fasern aus der Schleifengegend schon auf den Querschnitten durch das Mittelhirn zu sehen war. Die Bindearme rücken sich einander näher und kreuzen sich schliesslich weiter oben.

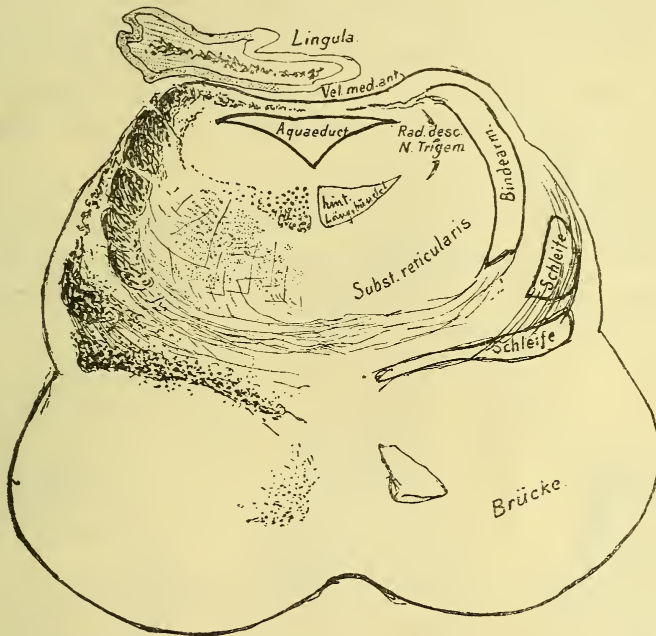


Fig. 140.
Schnitt durch die obere Brückengegend von einem Fötus aus dem neunten Schwangerschaftsmonate.

Die Faserung des Fusses und die sie durchflechtenden Züge der Brücke haben Sie bereits früher kennen gelernt. Es erübrigt noch zu sagen, dass in den vorderen Ebenen des Pons sich ein Fasersystem findet, das kurz vor der Geburt markhaltig wird, aus der Brückenfaserung durch die Raphe aufsteigt und dann seine Züge nach rechts und links in die Substantia reticularis der Haube sendet. Nach Bechterew sollen sie in dem vordersten Theile des Nucleus reticularis enden.

Ganglien, ähnlich gebaut wie die Brückenganglien, sind dann zu beiden Seiten der Raphe und in dieser selbst bis in die Haube hinein zerstreut

Dreizehnte Vorlesung.

Die Brücke. — Schlussübersicht.

So hätten wir denn, meine Herren, in der letzten Vorlesung den Anschluss an jenen Theil der Haube erreicht, der Ihnen noch von der 8. Vorlesung her bekannt ist.

Wenige Millimeter nach vorn von dem zuletzt geschilderten Querschnitte treten die Fussfasern aus der Brücke hervor, um als Pes pedunculi frei zum Gehirn zu ziehen. Wir hatten in der Oblongata nur die Pyramiden als einzige Bestandttheile des Fusses kennen gelernt, aus den Ganglien der Brücke aber haben sich nun die mächtigen Züge entwickelt, welche in der medialen und der lateralen Abtheilung des Fusses hinauf zur Rinde des Stirn- und Scheitellappens und zum Temporallappen gelangen.

Nun tritt im Hirnschenkel auch zwischen Fuss und Haube, beide trennend, die Substantia nigra auf.

Die Bindearme der Haube verlieren sich im rothen Kerne, an Stelle des Velum medullare anticum zeigen sich im Dache die Vierhügel.

Die Wiederholung einiger früher gegebenen Abbildungen mag das damals Gesagte und die Art des Ueberganges aus der Brücke in die Vierhügelgegend klarer stellen.

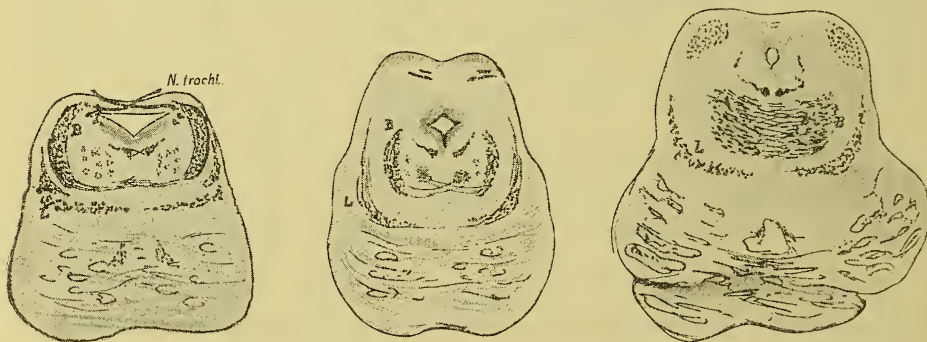


Fig. 141. **Fig. 142.** **Fig. 143.**

Drei Schnitte durch die Brücke und die Vierhügelgegend vom Neugeborenen, zur Demonstration des Verlaufes der Bindearme und der Schleifenschicht. Die letztere liegt dicht über den Ponsfasern; die Bindearme *B* (Fig. 141) treten Fig. 142 weiter nach innen, ihre Kreuzung beginnt, die Fig. 143 auf der Höhe ist. Hämatoxylinfärbung.

Die Symptome, welche bei Erkrankungen des Pons und der Oblongata auftreten, sind in ihrer Gruppirung ein guter Prüfstein auf die Richtigkeit der Ihnen vorgelegten anatomischen Verhältnisse.

Auf kleinem Raume sind dort die wichtigsten Bahnen für die Bewegungen der Körpermuskulatur, für die Empfindung, die Sprechmuskulatur, den Schluckact u. s. w. vereint. Ein Herd braucht da nicht gross zu sein, um gar mancherlei Symptome hervorzurufen.

Die motorischen und sensorischen centralen Bahnen, welche aus der Rinde, aus dem Zwischen- und dem Mittelhirn stammen, durchziehen die Brücke und die Oblongata und geben dort nur die für die Ursprungs- und Endkerne der Hirnnerven bestimmten Fasern ab.

Da eine Unterbrechung dieser langen Bahnen die gleichen Symptome machen wird, einerlei ob sie schon im Vorderhirn oder Mittelhirn, oder erst im Nachhirn erfolgt, nämlich Anästhesie, resp. Lähmung auf der gekreuzten Seite, so ist es wichtig, zu merken, dass man nur dann eine Störung der Gefühls- oder Bewegungsbahn in Pons-Oblongata vermuthen darf, wenn gleichzeitig Symptome vorliegen, welche anzeigen, dass ein einzelner oder mehrere Hirnnervenkerne befallen sind.

Die Atrophie der Muskulatur, welche bei Affectionen der Kerne selbst auftritt, wird genau studirt werden müssen, wenn es gilt, den Ort und die Ausdehnung einer solchen Affection festzustellen. Fig. 144, welche die Lage der Nervenkerne auf den Längsschnitt einer Oblongata projicirt darstellt, wird Ihnen diese Aufgabe wohl etwas leichter machen, als die früher demonstrirten Bilder von Querschnitten der Nervenursprünge es vermögen.

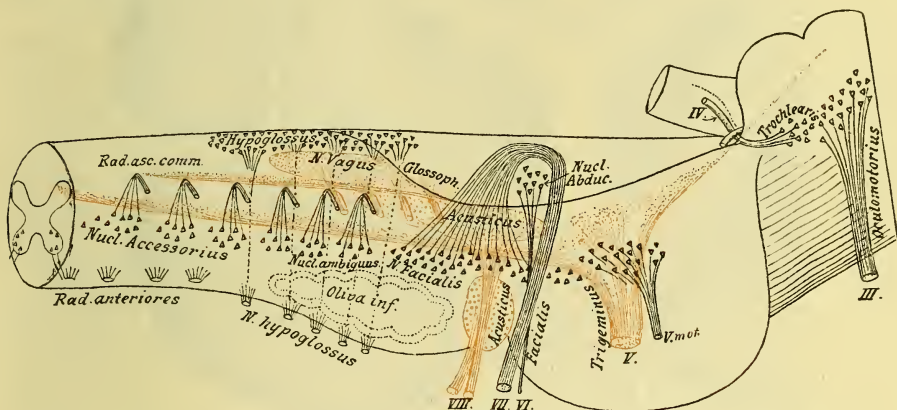


Fig. 144.

Die Lage der Hirnnervenkerne. Die Oblongata und der Pons durchsichtig gedacht. Die Ursprungskerne (mot.) schwarz, die Endkerne (sens.) roth.

Sprech-, Athem-, Schluckbeschwerden werden wahrscheinlich durch einen Herd in der Oblongata, Kaulähmung (motor. Portion des N. trigeminus), Facialislähmung, Abducensaffection durch einen Brückenherd bedingt sein.

Da jedoch die centralen Fasern zu den Nervenkernen der Oblongata die Brücke passiren, so können auch Schluckstörungen u. s. w. gelegentlich durch dort sitzende Erkrankungen erzeugt werden.

Die motorischen Bahnen für die Extremitäten liegen vorn ventral in den Pyramiden, sie treten erst sehr viel weiter hinten, gerade vor dem Rückenmark, auf die andere Seite. Die motorischen Fasern für die Hirnnerven aber liegen nahe der Medianlinie, steigen in der Raphe der Haube auf und kreuzen ganz nahe an den Nervenkernen selbst zu diesen hinüber.

Ein Erkrankungsherd in der Brücke wird deshalb in den meisten Fällen zwar die Extremitäten auf der gekreuzten Seite, den Facialis, Abducens oder Trigeminus aber auf der gleichen Seite treffen, wo er selbst sitzt. Das Schema Fig. 145 versucht dieses wichtigste Symptom vieler Pons- und Medullaaffectionen, die gekreuzte Lähmung, Ihrem Gedächtnisse fester einzuprägen,

als es das geschriebene Wort vermag. Es stellt die Bahn der motorischen Innervation für den Antlitznerven und für die Extremitätennerven dar. Sie sehen an der Zeichnung, dass ein Herd bei *A* im Grosshirn oder in den Hirn-

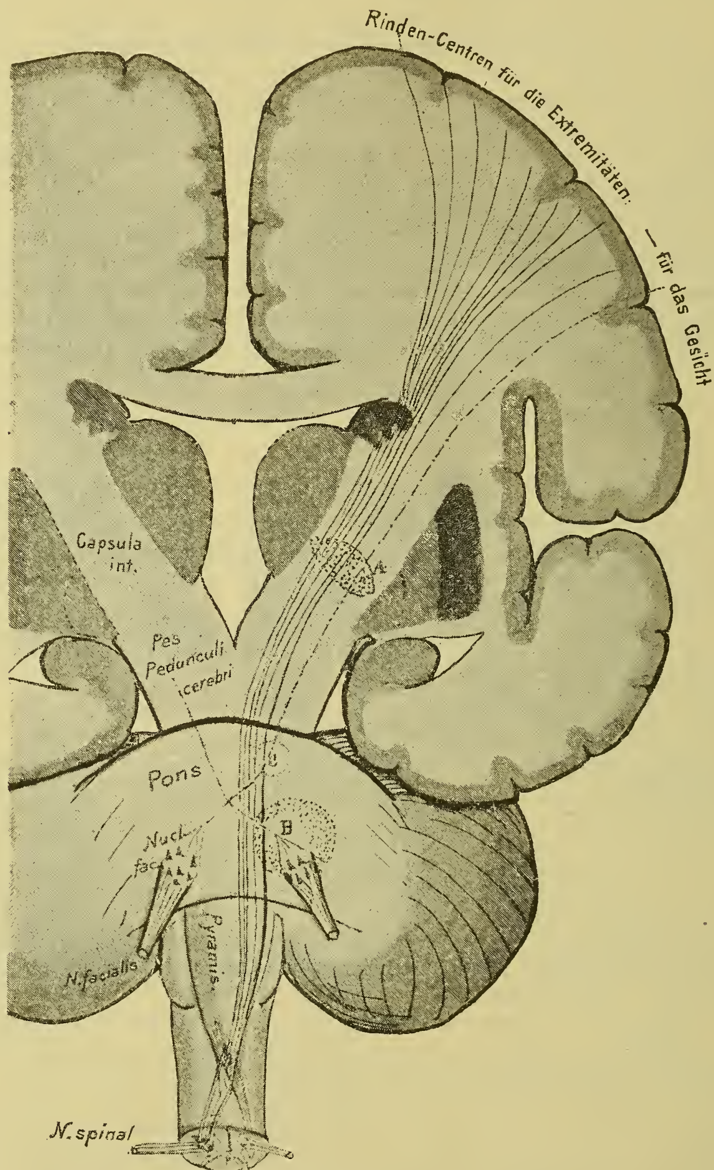


Fig. 145.
Schema der motorischen Innervationsbahn für den Facialis und die Extremitätennerven. Frontalschnitt durch Grosshirn, Hirnschenkel, Brücke, verlängertes Mark und Rückenmark.

schenkeln rechts den linken Facialis und die linksseitigen Extremitäten lähmen wird, dass aber eine Erkrankung bei *B* im Bereich der Brücke rechts die Extremitäten wohl links, den Facialis aber rechts treffen kann, dass ein

solcher Herd die Mittellinie überschreitend eventuell beide Faciales und die Extremitäten einer Seite ausser Gebrauch zu setzen vermag. Sie sehen auch an dem Schema, dass Krankheitsherde in der Brücke (bei *C*) so sitzen können, dass sie halbseitige, nicht alternirende Hemiplegie erzeugen, dass sie also dieselben Symptome machen, wie wenn sie im Grosshirn sässen. Alternirende Lähmungen können, wenn sie nicht durch verschiedene Herde erzeugt werden, überhaupt nur durch Ponsaffectionen oder durch Geschwülste u. dergl. hervorgerufen werden, die ventral vom Pons sitzend die Hirnnerven im peripheren Verlauf und die Pyramidenbahnen zerstören. Da ausser dem Facialis noch der Abducenskern und der Quintuskern in der Brücke liegen, so können natürlich auch diese an den mannigfachen Modificationen sich betheiligen, die bei Brückenerkrankungen im Bilde der wechselständigen Lähmung eintreten können. Wie sich der Acusticus verhält, ist noch unsicher.

Durch die Brücke verlaufen auch die Fasern zu den Nervenkernen der Oblongata, welche die Muskeln innerviren, die der Rede dienen. Deshalb kommen bei Pons- und bei Oblongataerkrankungen oft trotz vollkommen intacten Sprachvermögens Sprechstörungen vor. Man bezeichnet sie, je nach dem Grade, als Dysarthrie oder als Anarthrie.

Erkrankungen der Brücke können auch zu Störungen der Sensibilität führen. Wenn die Herde im äusseren Gebiet, also in der Gegend der Schleife, sitzen und einseitig sind, dann entsteht Hemianästhesie der gekreuzten Seite. Doch bleiben fast immer der Geschmack (Trigeminus) und das Gehör ganz verschont, desgleichen wird der Gesichtssinn nur wenig gestört (Abducenslähmung u. s. w.). Das Bild der intrapontinen Hemianästhesie ist also ein wesentlich anderes als das, welches durch Herde im Grosshirn erzeugt wird. Beiderseitige Anästhesie kann entstehen, wenn ein Herd in der Oblongata median sitzt. Dass partielle, gleichseitige und wechselständige Anästhesie im Gesicht vorkommt, wird durch die Lage des Trigeminuskernes erklärt.

Kaustörungen, Schluckstörungen kommen natürlich ebenfalls zur Beobachtung, da ja die Kerne des motorischen Trigeminus, des Glossopharyngeus, des Hypoglossus leicht mitgetroffen werden können.

Ob eine Erkrankung in dem verlängerten Mark oder in der Brücke ihren Sitz hat, ist oft schwer zu entscheiden. Durch die Lage des motorischen Vagus-, Accessorius-, Glossopharyngeuskernes wird es bedingt, dass Heiserkeit, Stimmlosigkeit, dann Respirationsstörungen wesentlich nur bei Herden in der Oblongata beobachtet werden. Sprechstörungen, Dysarthrie, Anarthrie (Nucleus N. hypoglossi), Circulationsstörungen kommen ebenfalls häufiger durch Oblongataaffection zu Stande.

Fast alle diese Symptome können in seltenen Fällen auch durch Grosshirnaffectionen bedingt sein, da ja Zerstörung des centralen Verlaufes der Hirnnervenfasern ganz wie die des Kernes oder des peripheren Nerven zu Lähmung führt. Lähmung verschiedener von Oblongatanerven versorgter Muskeln ist nur dann mit Sicherheit auf einen Herd im verlängerten Mark zu beziehen, wenn gleichzeitig Muskelatrophie besteht und eine Zerstörung des eigentlichen Nervenstammes nach seinem Abgang vom Centralorgan auszuschliessen ist.

Meine Herren! Unsere Aufgabe ist im Wesentlichen erledigt. Eine grosse Anzahl wichtiger Fasersysteme wurde in ihren Lagerungsverhältnissen zu den grauen centralen Massen studirt und in ihrem Verlaufe vom Vorderhirn bis gegen das Ende des Mittelhirns hinab, oder vom Rückenmark bis zur gleichen Höhe aufwärts verfolgt. Doch erscheint es zweck-

mässig, einzelne von ihnen nochmals kurz im Zusammenhang zu betrachten; entweder weil sie von besonderer Dignität in physiologischer und pathologischer Beziehung sind, oder auch weil Ihnen die Uebersicht über deren Gesammtverlauf durch die nach der 7. Vorlesung in didaktischem Interesse eingetretene Unterbrechung der continuirlichen Verfolgung erschwert wird.

Lassen Sie sich diese nochmalige kurze Darstellung auch als Führer zu einer Art Repetition dienen, die Sie an der Hand der Abbildungen leicht vornehmen können.

1. Die motorischen Nerven sind die verlängerten Axencylinder der grossen Ganglienzellen in den motorischen Kernen des Rückenmarkes und des Gehirns. Um diese Ganglienzellen verzweigen sich die Endausläufer der centralen motorischen Bahn. Diese verläuft, zum guten Theil wenigstens, in der Pyramidenbahn. Figg. 19, 107, 109.

2. Die Pyramidenbahn, die wichtigste Bahn des motorischen Innervationsweges, zieht aus den oberen ²/₃ der Centralwindungen und des Paracentrallappens hinab zu einer Stelle, die hinter dem Knie der Capsula interna liegt. Von da gelangt sie in den Hinterschenkelfuss, dessen mittleres Drittel etwa sie einnimmt. Im Pons werden ihre Fasern nur wenig durch Querfasern zerspalten. Wenn sie aus der Brücke auftaucht, liegen ihre Züge als zwei mächtige Bündel der Oblongata ventral an. So zieht sie hinab zum Rückenmark. Dort tritt der grösste Theil ihrer Fasern hinüber in den Seitenstrang, ein kleinerer (Pyramidenvorderstrang) bleibt auf der gleichen Seite. Beide Faserantheile treten durch abgehende Collateralzweige in Beziehung zu den Vorderhornzellen derjenigen Seite, welche dem Pyramidenursprung in der Rinde gegenüber liegt. Aus diesen Zellen entspringen die motorischen Wurzeln. Zu vergl. Figg. 59, 62, 71, 79, 86, 87, 110, 112, 114, 116, 120, 123.

3. Die centrale Bahn der motorischen Hirnnerven ist nur näher bekannt für den Facialis und für den Hypoglossus.

Die Facialisbahn entspringt im Bereich des unteren Drittels der Centralwindungen, wahrscheinlich nur für die unteren Aeste, der Ursprung des Stirnantheiles ist unbekannt (Gyrus angularis?), zieht dann einwärts über den Nucleus lentiformis quer hinweg und liegt schliesslich in der inneren Kapsel der Pyramidenbahn sicher sehr nahe. Jedenfalls lässt sie sich im Hirnschenkelfuss von jener nicht (klinisch) trennen. Ihre Züge verlassen dann wahrscheinlich mit dem mehrfach genannten „Bündel vom Fuss zur Haube" den allgemeinen motorischen Innervationsweg. Sicher sind sie in der Brücke von jenem getrennt (s. Schema Fig. 145). Wie sie an den Kern herantreten, ist noch unbekannt. Jedenfalls aber gelangen sie in den gekreuzten Facialiskern, der im caudalen Theil des Pons liegt. Aus diesem entspringt der Nerv. S. Figg. 133, 134, 136—138.

In dem ventralsten Theile der vorderen Centralwindung liegt wahrscheinlich das Rindengebiet des Hypoglossus. Jedenfalls zieht aus dieser Gegend ein Bündel ventral vom Facialisbündel herab, dessen Unterbrechung doppelseitige Hypoglossusstörungen erzeugt. Auf seinem Wege von der

Rinde zur Capsula interna zieht es über die obere Kante des Linsenkernes hinweg und muss dicht nach aussen vom Anfang des Nucleus caudatus-Schwanzes der Sprachbahn sehr nahe kommen. In einem von mir beobachteten Falle unterbrach ein Herd, der kaum die Grösse und Dicke eines Fünfpfennigstückes hatte, an dieser Stelle beide Bahnen. In der Capsula liegt die Hypoglossusbahn wahrscheinlich zwischen der des Facialis und der Extremitäten. Innerhalb der Brücke müssen ihre Fasern bereits von der Pyramide gesondert sein, sie ziehen wahrscheinlich aus dem vorhin erwähnten Bündel medial von der Schleife in der Raphe rückwärts und aufwärts. Erst in der Oblongata treten sie zum gekreuzten (und gleichseitigen?) Kerne. Aus diesem entspringt der Nerv. Zu vergl. Figg. 123, 124, 127, 128.

4. Die motorische Sprachbahn. Wir kennen von dieser mit aller Sicherheit erst wenige Punkte: den Ausgangspunkt in der unteren Stirnwindung, den Endpunkt in den Kernen des Facialis und Hypoglossus und zwischen beiden einen Punkt, der nach aussen vom Schwanz des Nucleus caudatus liegt. Wahrscheinlich (Wernicke) zieht die Bahn von der Broca'schen Windung — untere Stirnwindung — etwas medianwärts und unter der Insel in fast horizontalem Verlauf dorsal von der Capsula externa dahin. Ihre Fasern gelangen dann in den hinter dem motorischen Gebiete liegenden Theil der inneren Kapsel und von da jedenfalls in den Hirnschenkelfuss. Innerhalb der Brücke müssen sie sich allmählich aus der Fussfaserung zur Haube hinauf erheben. Von allen den eben erwähnten Punkten aus sind bei Erkrankungen Sprachstörungen beobachtet worden.

Jeder motorische Nerv entspringt also im Centralorgan in einem Kern. Nerv und Kern bilden das erste Glied der Bahn; zu dem Kern gelangt aus der Rinde des Vorderhirns der Stabkranzzug der Pyramide als das zweite Glied der Kette: Nerv, Kern — Stabkranz, Rinde.

So lange das erste Glied intact ist, können die betreffenden Muskeln noch durch elektrische, mechanische, reflectorische Reize, bei Thieren auch bis zu einem gewissen Grade durch Willensimpulse zur Bewegung gebracht werden; wird Nerv oder Kern zerstört, so ist absolute Lähmung da. Zur vollen Möglichkeit des bewussten Wollens aber bedarf es der Intactheit des zweiten Gliedes; ja bei dem hochausgebildeten Gehirn des Menschen ist überhaupt, wenn das zweite Glied unterbrochen ist, kein Bewegen durch den Willen mehr möglich. Wenn Jemand durch Schlagfluss eine Zerreissung der Capsula interna bekommt, so sind die Muskeln der gekreuzten Körperhälfte nicht eigentlich gelähmt; sie können nur nicht mehr durch den Willen, wohl aber durch andere Reize zur Contraction gebracht werden. Anders ist es, wenn, bei der spinalen Kinderlähmung z. B., ein Nervenkern selbst zu Grunde geht; dann haben wir eine echte Lähmung, welche, meist irreparabel, zu Atrophie führt, und bei der reflectorische und andere Reize wenig vermögen. Es ist ein grosser Unterschied in Bezug auf die Aussicht auf Wiederherstellung der Function, ob die Grosshirnbahn oder eine tiefere Stelle des Innervationsweges unterbrochen ist.

5. Die Stabkranzfasern zur Brücke entspringen aus der Rinde des Vorderhirns, besonders aus dem Schläfen-Hinterhauptslappen, vielleicht auch aus dem Stirnlappen. Sie ziehen durch die Capsula interna in den

Fuss des Hirnschenkels und von da in die Brücke (Fig. 59, 71). Die an secundären Degenerationen gemachten Erfahrungen zeigen, dass sie nicht weiter als bis zu den Ganglienzellgruppen dort gelangen. Zu den gleichen Gruppen kann man aber Faserzüge verfolgen, welche aus der gekreuzten Kleinhirnhälfte stammen (Brückenarme). (Figg. 94, 100.)

6. Die sensiblen Nerven entspringen aus den Zellen der Spinalganglien. Wengistens ist bei Wirbelthieren bisher noch kein anderer Ursprung nachgewiesen. Da wir aber wissen, dass der Opticus und der Olfactorius Fasern enthalten, welche, aus Sinnesepithelien entspringend, centralwärts gehen, da ferner auch bei Wirbellosen (Regenwurm, Lenhosseck) Fasern nachgewiesen sind, welche aus Sinnesepithelien der Epidermis stammen, so wäre es nicht unmöglich, dass auch in den anderen sensiblen Nerven Fasern verlaufen, welche aus der Peripherie stammen. Der Verlauf der secundären Degeneration nach Durchschneidung sensorischer Nerven spricht gegen diese Vermuthung.

Aus den Zellen der Spinalganglien entspringt noch eine Bahn, die Wurzel, welche in das Centralorgan eintritt. Ein Theil der Wurzel splittert sich in den Hinterhörnern, resp. in den Kernen der sensorischen Hirnnerven um Zellen herum auf (Endkerne der sensiblen Nerven).

Ein anderer Theil zieht, ehe er in Endkernen endet, erst eine Strecke weit im Centralorgan dahin, entweder hirnwärts, wie die in den Hintersträngen enthaltenen Fasern der spinalen Nerven, oder auch caudalwärts, so manche Wurzeln von sensorischen Hirnnerven.

Aus den Zellen der Endkerne entspringt die centrale sensible Bahn oder die sensible Bahn zweiter Ordnung. Sie gelangt entweder schon auf der Höhe etwa des Wurzeleintrittes, oder in höheren Zonen immer in das Gebiet der gekreuzten Schleifenfaserung. Mit der Schleife aber zieht sie hirnwärts. Figg. 116, 124.

7. Von den sensiblen Bahnen zweiter und höherer Ordnung kennen wir noch nicht überall die Ausgangszellen oder die Endaufzweigung.

Sensible Bahnen höherer Ordnung liegen in der oberen Schleife aus dem Thalamus und der Rinde und in der unteren oder Vierhügelschleife.

Die Rindenschleife entspringt als Haubenfaserung im Parietallappen, möglicher Weise in denselben Windungen wie die Pyramidenfaserung, und gelangt von da in das hintere Drittel der Capsula interna. In dieser Gegend kommen ihr die Sehstrahlung aus dem Occipitallappen und (klinisch, aber noch nicht anatomisch erwiesen) die centrale Acusticusbahn sehr nahe. Ein Theil der Haubenbahn zieht in und durch den Linsenkern, ein anderer gelangt direct in die Schleife. Wahrscheinlich vereinigt sich medial vom Corpus Luys der erste mit diesem zweiten Theil. Figg. 65, 68.

Dicht vor dem Mittelhirn tritt aus dem Thalamus die Thalamusschleife ab und zur Rindenschleife hinzu. Beide verlaufen dann als obere Schleife durch die Haube caudalwärts. Figg. 70, 79, 82, 85.

Im verlängertem Marke zweigt sich ein grosser Theil der Faserung ab, zieht über die Mittellinie weg dorsalwärts und tritt dann in die Endkerne der Hinterstränge ein (Fibrae arciformes internae). Figg. 122, 123, 124.

Aus den Hinterstrangkernen ziehen die Fasern der Hinterstränge caudalwärts. Von ihnen gehen für jede Rückenmarkwurzel der entsprechenden Seite einige Fäserchen ab, die direct mit der Wurzel hinausgelangen und mit ihr in den Zellen des Spinalganglions enden. Aus den Zellen entspringt der sensible Nerv. Figg. 9, 103.

Die untere Schleife stammt aus dem tiefen Marke der vorderen und aus dem Ganglion der hinteren Vierhügel. Sie tritt lateral von der Rindenschleife, mit dieser zusammen die Schleifenschicht bildend, in die Haube des Hirnschenkels und zieht dann die Brücke und die Oblongata abwärts. Auf diesem Wege giebt sie Fasern ab zu den gekreuzten Endkernen des Trigeminus, Acusticus, Glossopharyngeus und Vagus, vielleicht auch zu den Hinterstrangkernen. Figg. 86, 88, 128, 129, 134, 136.

Was nach der Abgabe dieser Fasern von den Schleifen noch übrig bleibt, gelangt in den Vorder- und Seitensträngen des Rückenmarkes abwärts. Von ihnen ziehen nun für jeden sensiblen Rückenmarksnerven Antheile in die vordere Commissur, durchqueren dieselbe und senken sich in die gekreuzte graue Substanz ein. Dort enden sie in Zellen. Diese Zellen sind der Endkern für einen Theil der sensiblen Nerven. Denn um sie herum splittern sich die hinteren Wurzelfasern auf, welche aus den Spinalganglienzellen stammen. Der periphere Fortsatz der Spinalganglienzelle ist der sensible Nerv.

So verbinden sich also sämmtliche Fasern der Schleifenschicht mit Kernen, welche auf der Seite liegen, welche der Schleife gekreuzt ist. Nur findet für einen Theil die Kreuzung schon in der Oblongata, für einen anderen erst im Rückenmarke statt. In den Kernen enden immer die Fasern der Hinterwurzeln oder der sensorischen Hirnnerven.

8. Ein Theil der sensiblen Nerven endet in der Umgebung der Zellen der Clarke'schen Säule. Aus diesen entspringt die Kleinhirnseitenstrangbahn, welche in der Peripherie des Rückenmarkseitenstranges zum Cerebellum hinauf zieht. Figg. 112, 114, 116, 122.

9. Einige sensible Hirnnerven erhalten einen Zuwachs von Fasern, der aus dem Cerebellum stammt (directe sensorische Kleinhirnbahn). Figg. 123, 124, 130.

10. Der centrale Verlauf des sensiblen Theiles des Nervus trigeminus von der Rinde bis zu der Kapsel ist noch unbekannt. In der Kapsel müssen, den pathologischen Erfahrungen zufolge, seine Züge im hinteren Drittel liegen. Von dort muss eine Verbindung zu den sensiblen Endkernen in der Brücke und zu dem langgestreckten Endkerne existiren, welcher sich vom Halstheile des Rückenmarkes bis hinauf zum Pons erstreckt. Diese Bahn kreuzt, ehe sie in die Kerne eintritt. Die aus dem Ganglion Gasseri stammenden sensiblen Wurzelfasern des Trigeminus senken sich in die End-

kerne ein. Der Trigeminus stammt übrigens auch zum Theil aus Kernen, welche im Centralorgan selbst liegen. Bis jetzt kennen wir zwei: einen, welcher in der Seitenwand des Aquäductes unter den Vierhügeln, und einen zweiten, den sog. motorischen Kern, welcher in der Brücke liegt.

Die aufsteigende Wurzel enthält, wie die Pathologie zeigt, die Gefühlsnerven für das Gesicht.

Wir kennen Schleifenfasern, die kreuzend zu den Endkernen des Trigeminus treten, und müssen in ihnen ein Stück der centralen Bahn erblicken. Figg. 120, 122, 123, 132, 134, 136, 139.

11. Den Nervus acusticus zerlegt man zweckmässig in Nervus cochlearis und Nervus vestibularis.

Der Rindenursprung des eigentlichen Hörnerven, des Cochlearis, muss im Bereich der Schläfenlappenwindungen gesucht werden. Klinische Beobachtungen lassen erschliessen, dass von da eine Bahn in den caudalen Theil der inneren Kapsel und wahrscheinlich durch den Arm des hinteren Hügels in dessen Grau führt. Von da geht die laterale Schleife in das Gebiet der oberen Oliven in der Oblongata herab und in diesem endet die Faserung aus dem Nucleus acustici ventralis, das Corpus trapezoides. In dem Nucleus ventralis aber splittern sich die Endbäumchen aus den Ganglienzellen des Ganglion spirale cochleae auf, die Hörnervenwurzeln, vergl. Fig. 133—136.

Ueber den centralen Verlauf des Nervus vestibuli ist wenig bekannt. Seine aus den Zellen der Macula und Crista acustica stammenden Fasern enden zum Theil im Nucleus dorsalis, zum anderen ziehen sie dem Kleinhirne zu. Ausserdem enthält dieser Nerv noch Fasern aus weiter caudalen Ebenen der Oblongata und Zuzüge aus der Schleife als Striae acust. Siehe hierfür die genauere Beschreibung vorn.

Die obere Olive, mit welcher sowohl der Cochlearis als der Vestibularis zusammenhängen, ist innig mit den Kernen der Augenbewegungsnerven und auch mit dem Kleinhirn verbunden. Ausserdem wahrscheinlich auch mit den Vierhügeln. Es ist wahrscheinlich, dass sie zum Gleichgewichtsapparat des Körpers gehört.

Der Trigeminus sowohl, als der Acusticus bekommen einen Faserzuwachs aus dem Cerebellum.

12. Ueber den centralen Verlauf des Vagus im Vorderhirn ist nichts bekannt. Wenn die mehrerwähnte Stelle im hinteren Theil der Kapsel zerstört wird, treten nicht Vagussymptome auf; Geschmacksstörungen (Glossopharyngeus) kommen vor. Des Verlaufes der Schleifenfasern zu den gekreuzten Kernen des Vagus und Glossopharyngeus wurde gedacht. Auch diese beiden Nerven bekommen wahrscheinlich einen Zug aus dem Cerebellum. Figg. 128, 132.

13. Der centrale Verlauf des Opticus wurde schon früher im Zusammenhange dargestellt. Vergl. S. 112.

Ich erinnere Sie nochmals daran, dass dieser Nerv aus dem Pulvinar thalami, dem Corpus geniculatum laterale, dem Tuber cinereum und aus

den Vierhügeln entspringt, dass er aber auch Fasern enthält, welche, aus der Retina stammend, in den genannten Hirntheilen enden. Zu allen diesen „primären optischen Centren“ gelangen Fasern aus der im Occipitallappen beginnenden Sehstrahlung. Diese verläuft an der lateralen Seite des Hinterhornes, zieht also auf ihrem Wege von dem Rindenursprung zu den primären Opticuscentren unter dem unteren Scheitelläppchen dahin. Daher kommt es, dass bei Erkrankungen dieses Läppchens oder bei experimenteller Zerstörung der entsprechenden Stelle bei Thieren Sehstörungen beobachtet werden, die ganz den Charakter von corticalen haben.

Die Fasern des Tractus opticus verlaufen zum Chiasma. Dort tritt ein grösserer Theil auf die andere Seite hinüber, ein kleinerer, der aber bisher nicht zum Bündel gesondert lag, bleibt auf der gleichen Seite. Der Streit, welcher lange um das Chiasma gepflogen wurde, ist in letzter Zeit durch Singer und Münzer endgiltig und überzeugend in dem eben vorgetragenen Sinne entschieden worden. Das gleichseitige Bündel ist bei einigen Thieren sehr unbedeutend, fehlt sogar bei bestimmten Arten ganz. Im letzteren Falle besteht also Totalkreuzung.

Der Sehtractus muss noch die aus dem Oculomotorius stammenden Pupillarfasern mit sich führen. Es ist noch nicht überzeugend nachgewiesen, wie diese in ihn gelangen.

Der centrale Verlauf des Olfactorius ist in der vierten Vorlesung im Zusammenhang geschildert worden. Vergl. namentlich die Abbildung Fig. 42, welche alles hierher Gehörige zusammenstellt.

Anhang.

Kurze Darstellung der technischen Methoden, welche zur Untersuchung des Centralnervensystems dienen.

Im Folgenden ist nicht beabsichtigt, eine Uebersicht über die gesammte Technik zu geben, es sollen nur diejenigen Methoden geschildert werden, welche in dem Laboratorium der Senckenberg'schen Anatomie als zumeist ausreichend und als brauchbar befunden worden sind. Manche derselben sind hier durch C. Weigert erfunden oder ausgebildet worden.

1. Material: Nur absolut frisches Material sollte für Untersuchungen mit rein anatomischen Zwecken benutzt werden. Leichentheile, die älter als 12 Stunden sind, können für viele Zwecke — Zellen, Fasernetz — nicht mehr als frisch betrachtet werden. Pathologisch-anatomische Untersuchungen müssen leider oft an älteren Theilen angestellt werden. Man wird annehmen dürfen, dass im Sommer 24 Stunden, im Winter 48 die äusserste Grenze sind, bei der noch etwas Erspriessliches durch Härtung und nachmalige Untersuchung

gewonnen werden kann. Kein Gehirntheil, der zu späterer mikroskopischer Untersuchung benutzt werden soll, darf bei der Autopsie mit Wasser in Berührung kommen. Das übliche Abspülen der Schnittflächen ist verwerflich. Alles Drücken und Zerren, sowohl im frischen Zustande, als namentlich auch während der Procedur der Härtung, ist zu vermeiden. Zuweilen gehen gute Stücke zu Grunde, weil zu häufig nachgefühlt wurde, ob sie hart genug sind. Dadurch entstehen Spalten. Nach der Herausnahme aus dem Schädel u. s. w. sollen nur so wenige Schnitte gemacht werden, als absolut nöthig sind, um ein Eindringen zu den Härtungsflüssigkeiten zu ermöglichen, etwa alle 2 cm einer. Wenn die Härtung etwas vorgeschritten ist, kann man weitere Schnitte machen. Das Gewebe, welches den frisch angelegten Schnitten direct angrenzt, ist für die Untersuchung später verloren, weil hier meist ein starkes Vorquellen des Markes und damit Veränderungen des Querschnittes entstehen.

2. Härten. Die später zu beschreibenden Methoden der Färbung und der Metallimprägnation erfordern verschiedene Methoden der Härtung. Man muss sich daher gleich am frischen Stücke klar machen, was man später damit anfangen will, und danach die Härtungsmethode wählen.

Für die meisten Zwecke genügt eine Erhärtung in 2—3 proc. Lösungen von Kalium- oder Ammonium bichromicum oder auch in Müller'scher Flüssigkeit, einer 2proc. Lösung von Kalium bichromicum mit Zusatz von 1 proc. Natron sulfuricum. Diese Salzlösungen werden reichlich — für ein Rückenmark etwa gut ein Liter — genommen und zuerst nach 24 Stunden, dann jeden zweiten Tag eine Woche lang erneuert. Später genügt ein wöchentlicher Wechsel. Es erlangen Rückenmarke in 6—8 Wochen, halbirte Gehirne in circa 3 Monaten genügende Härte zum Schneiden.

Kann man die Procedur in einem Wärmeofen bei 30—35° — nicht höher! — vornehmen, so erreicht man in der halben oder viertel Zeit das Gleiche. Sind die Stücke auf dem Querschnitt braun — nicht gelb —, dann werden sie meist in Alcohol aufgehängt. Man muss die Gläser dann im Dunkeln aufbewahren (H. Virchow), weil sich im Lichte massenhafte Niederschläge bilden würden.

Das noch immer vielbeliebte Auswässern vor dem Einbringen in Alcohol verdirbt Vieles, z. B. die Möglichkeit, später gute Hämatoxylinlackpräparate herzustellen. Stücke, von denen man nur Carminfärbung verlangt, können aber ausgewässert werden. Sie sollten nie in Alcohol kommen und werden deshalb zweckmässig in einer weinfarbigen Lösung von Kali bichromicum aufgehoben. Es ist gut, allen Härtungs- und Aufbewahrungsflüssigkeiten etwas Campher zuzusetzen, um die Schimmelbildung hintanzuhalten.

Einige Stücke sollte man immer, um die nachherige Untersuchung der Zellen gut ausführen zu können, in absolutem Alcohol härten. Man bringt sie in ein Glas, auf dessen Boden etwas gekrülltes Fliesspapier oder Watte sich befindet, und übergiesst sie darin mit dem Alcohol. In einem Tage sind sie, wenn man, wie erforderlich, recht kleine Stückchen gewählt hat, schnittfertig. Die Structur des Zellkernes wird gut fixirt durch eine 10 proc. Salpetersäurelösung in Wasser. Die Imprägnationen erfordern ganz besondere Pflege während der Härtungszeit. Die nöthigen Methoden sind unten angegeben.

In Kalium bichromicum nicht fertig gehärtete Stücke können nach längerem Verweilen in Alcohol zu Abfaserungspräparaten benutzt werden. Nach J. Stilling lässt man sie aber noch zweckmässig einige Wochen in der folgenden Flüssigkeit verweilen: Acid. acet. glac. 200,0, Aqua 800,0, Kreosot gttae 20.

3. Einbetten u. s. w. Stücke, die in Alcohol gehärtet sind und nachher

mit Anilinfarben behandelt werden sollen, klebt man direct mit Gummi arabicum auf einen Kork, wirft sie wieder in Alcohol, wo der Gummi rasch fest wird, und kann sie dann schneiden. Die sehr complicirte Einbettung in Paraffin (s. d. Lehrbücher d. mikr. Technik) wird nur selten nöthig. Stücke für Carminfärbung werden nur schön, wenn Alcohol ganz vermieden wird. Man umgiesst sie — nach vorherigem Abtrocknen — auf dem Korke oder in einer Form mit einer Mischung von 2 Theilen Wachs und 3 Theilen Ricinusöl, falls man Serien beabsichtigt. Sonst genügt schon ein sorgfältiges Aufkleben mit einigen Tropfen heissen Paraffins auf einen trockenen Kork. Man umgiesst dann zweckmässig noch die unterste, an den Kork grenzende Stelle aussen mit dem Paraffin. — Viel häufiger wird man die Einbettung in Celloidin vornehmen müssen. Die Proceduren sind die folgenden: a) Entwässern kleiner Stücke in Alcohol absolutus. Wir benutzen hier Exsiccatorschalen, deren Grund mit geglühtem Kupfervitriol gefüllt ist, auf dem ein Drahtnetz liegt. Auf dieses kommen die Stücke. Der von ihnen abfliessende, nun wasserreich gewordene Alcohol wird lange Zeit hindurch von dem Kupfervitriol wieder entwässert; es kann so der kleine Apparat lange fortgebraucht werden. b) Einbringen in wasserdünne Celloidinlösung nach frühestens 2 Tagen. c) Nach 1 Tag Einbringen in honigdickes Celloidin. Gut gehärtete Sachen werden da in wenigen Tagen schnittfähig; embryonales Material und solches, das nicht frisch dem Körper entnommen werden konnte, auch erweichte Stellen bleiben länger, bis zu Wochen, im Celloidin. Man kann pro Millimeter Dicke 24 Stunden Celloidinaufenthalt rechnen. d) Die Stücke werden mit anhaftendem Celloidin auf Korke gebracht und für einige Minuten behufs erster Verdampfung des Aethers an der Luft gelassen. Während dessen drückt man sie wiederholt zart an die Unterfläche an. Ist die Schnittfläche, welche auf den Kork zu liegen kommt, nicht glatt, so muss sie entweder zugeschnitten, oder mit dickem Celloidin und Korksplittern unterpolstert werden. e) Die Korke mit den Präparaten kommen in Spiritus von 80 Proc. Nach zwei Stunden ist das Celloidin knorpelhart, und es kann das eingeschlossene Stück geschnitten werden.

4. Zum Schneiden wird man sich gewöhnlich eines Mikrotomes bedienen. Grosse Schnitte, namentlich wenn sie von nicht absolut frischem Gewebe stammen, bröckeln dabei leicht. Ist dies der Fall, dann bläst man die Schnittfläche vor jedem Schnitte trocken und überzieht sie mit einer dünnen Schicht wasserdünnen Celloidins. Es klebt dann der Schnitt an der Celloidinhaut — Duval's Collodionage des surfaces. Meist ist das aber nicht nöthig. Nachdem der Schnitt auf dem Messer fertig liegt, deckt man ihn mit einem Streifen Closetpapier zu, den man senkrecht zur Klinge über diese legt. Man braucht dann nur an dem Papierstreifen zu ziehen, um den völlig unverletzten Schnitt herunterzubekommen. Er klebt dann an dem Papier und wird entweder in eine Farbschale abgespült, oder, falls man viele aufeinanderfolgende Schnitte machen will, einfach mit dem Papier auf einen Teller gebracht, der mit alcoholfeuchtem Fliesspapier bedeckt ist. Nun macht man einen zweiten Schnitt, legt das Papier wieder auf, aber so, dass der neue Schnitt rechts neben den alten zu liegen kommt, zieht wieder und hat dann zwei neben einander liegende Schnitte auf dem Streifen. So kann man fortfahren, bis man so viele Schnitte hat, als etwa auf einen Objectträger gehen. Dann wird der Streifen auf das feuchte Papier gelegt und ein neuer begonnen. Hat man genug Schnitte, so übergiesst man einige Objectträger mit wasserdünner Celloidinlösung, lässt sie etwas trocknen, und nun legt man einfach die Papierstreifen so auf, dass die Präparate auf die Celloidinschicht zu liegen kommen. Ist das Papier feucht genug, so kann man es vorsichtig von einer Seite aus abziehen; die Präparate bleiben liegen. Man trocknet sie dann einfach durch Auflegen eines Bausches Fliesspapier etwas ab und übergiesst mit einer neuen

Schicht Celloidin. Hier ist der einzig gefährliche Moment des Verfahrens. Man muss eilen, dass zwischen Abtrocknen und der zweiten Schicht kein Eintrocknen des Präparates stattfinde. Durch den einfachen, eben beschriebenen Process bekommt man das Präparat oder die Serie von solchen immer unzerbrochen auf das Glas, und nun kann man es weiter färben, entwässern u. s. w.

Von nun an wird der ganze Objectträger numerirt und weiter wie ein Präparat behandelt, gefärbt u. s. w. Dass die Schnitte zwischen zwei Celloidinlagen liegen, hat also sehr viele Vortheile. Es empfiehlt sich das Verfahren deshalb immer da, wo man nicht etwa mit Anilinfarben nachfärben will. Die färben auch das Celloidin. Alle übrigen Färbungen gelingen. Da sich das Celloidin in absolutem Alcohol löst, so muss später das Entwässern in Spiritus von 90—95 Proc. geschehen. Ebenso darf man sich zum Duchsichtigmachen nicht des Nelkenöles bedienen. Die Objectträger werden aus dem Alcohol in Kreosot oder besser noch in eine Mischung von 1 Theil Acidum carbolicum crystallisatum mit 3 Theilen Xylol gebracht. Sie werden darin zuerst ganz weiss, dann aber beginnen sie sich zu klären. Die Celloidinschichten leiden keine Noth, und es kann nach Abtrocknen des überschüssigen Carbolxylols Canadabalsam aufgegossen werden. Der häufigste Fehler, der hier gemacht wird, ist der, dass nicht die völlige Durchsichtigkeit des Präparates abgewartet wird. So lange noch eine Spur weisser Trübung dann zu sehen ist, wenn das Präparat auf eine dunkle Unterlage gehalten wird, so lange ist es noch nicht fertig zum Einlegen in Canada.

Auch wenn man keine Objectträgerserien herstellt, empfiehlt es sich, Schnitte, die in Celloidin eingebettet waren, in 95proc. Alcohol und Carbolxylol durchsichtig zu machen. Man kommt dann nie in Conflict mit schmierig gelöstem Celloidin.

Man kann die Carbolxylollösung sehr lange fortgebrauchen, wenn man sie in einem Glase aufbewahrt, dessen Boden mehrere Centimeter hoch mit weissgeglühtem Cuprum sulfuricum bedeckt ist. Dieses wasserfreie und wassergierige Pulver zieht sofort das in die Lösung gelangte Wasser an sich.

5. Maceriren. Man kann gute Präparate von Ganglienzellen durch Maceriren in folgender Weise herstellen: Mit einer Scheere werden vom Querschnitt eines frischen Ochsenrückenmarkes zahlreiche feine Stückchen aus dem Grau entnommen. Diese bringt man in eine Mischung von gleichen Theilen 3proc. Kali bichromicum-Lösung und filtrirten Speichels. Da bleiben sie 3 bis 4 Tage. Dann können sie leicht zerzupft werden. Oder man legt die Stückchen in ein Reagirröhrchen, das mit 96proc. Alcohol (1 Theil zu 3 Theilen Wasser) erfüllt ist, und schüttelt sie täglich mehrmals — nicht zu stark. Am dritten Tage etwa kann man den Alcohol abgiessen, irgend eine Anilinfarbe oder Pikrocarmin auf die Bröckel bringen und nun einen weiteren Tag stehen lassen. Dann Abgiessen der Farbe, Aufgiessen von Wasser, Schütteln und Sedimentiren. Im Sediment findet man dann Bröckel wie das in Fig. 10 abgebildete (Ranvier). Eine weitere Methode (Kronthal) s. S. 214, 1.

6. Färben. Die meisten früher gebräuchlichen Färbemethoden haben nicht electiv gefärbt. So erhält man z. B. durch Carminfärbungen oder durch solche mit Anilinfarben, wenn die übliche Härtung in chromsauren Salzen vorhergegangen ist, immer Alles ausser den Markscheiden, also die Zellen, die Axencylinder, die Neuroglia und das Bindegewebe, allerdings in etwas verschiedenen Tönen, gefärbt. Die folgenden Färbungen basiren alle, soweit nicht anders angegeben, auf der vorherigen Härtung in Chromsalzen und auf dem Chromsalzgehalt der Stücke. Dieser sollte deshalb nie durch Auswässern entfernt werden. Einige Färbungen, wie z. B. die Hämatoxylin-Kupferlackimprägnation der Markscheiden, gelingen überhaupt nie ordentlich,

wenn der Gehalt an Chromsalzen zu gering ist. Gegen diese wichtige Thatsache wird vielfach verstossen.

A. Carminfärbung. Die Schnitte werden in Gerlach'schen Ammoniakcarmin, namentlich in rosafarbig verdünnte Lösungen oder in Pikrocarmin gebracht. Sie bleiben 1—12 Stunden darin. Von Zeit zu Zeit wird einer herausgezogen, abgespült und angesehen. Die Färbung ist fertig, wenn alle Ganglienzellen scharf mit ihren Ausläufern vortreten und die Axencylinder als rothe Punkte in den hellen Ringen der Markscheiden erscheinen. Will man an in Celloidin eingebetteten Stücken Carminfärbung anwenden, so empfiehlt sich hier der vortreffliche Urancarmin von Schmaus. Derselbe färbt sehr rasch und lässt das Celloidin ungefärbt. Die Farbflüssigkeit wird in folgender Weise hergestellt: 1 g carminsaures Natron wird mit 1/2 g Uranum nitricum verrieben und das Gemisch mit 100 ccm Wasser 1/2 Stunde lang gekocht. Nach dem Erkalten filtrirt man. Die Lösung färbt Rückenmarksschnitte in ca. 1/2 Stunde, überfärbt aber auch in 24 Stunden kaum. Erhärten in Chromsalzlösungen ist Vorbedingung.

B. Anilinfarben. Die sauren Anilinfarbstoffe, wie das wasserlösliche Anilinblau, das Säurefuchsin, das Nigrosin und das englische Black-Blue, das vielfach empfohlen wird, geben Bilder, welche den mit Carmin erreichbaren sehr ähnlich sind. Man bringt die Schnitte in wässrige Lösungen für 1/4—1/2 Stunde und wäscht dann in Alcohol aus, wobei nicht zu viel Farbe durch Bewegen weggeschwemmt werden darf. Dann Nelkenöl und Canadabalsam.

Am hiesigen Laboratorium werden seit Jahren alle empfohlenen Ganglienzellfärbungen nachgeprüft, ohne dass es gelungen wäre, eine zu finden, die befriedigend electiv färbt. Für Material, das zu pathologisch-anatomischen Untersuchungen dienen soll, das also, um möglichst viele Methoden zu ermöglichen, in Chromsalzen erhärtet ist, wird man einstweilen aber die eben erwähnten Methoden nicht entbehren können. Etwas bessere Bilder erhält man noch, wenn man das von Gieson angegebene Gemisch anwendet: Wenige Tropfen einer Säurefuchsinlösung werden in concentrirte wässrige Pikrinsäurelösung so lange eingetragen, bis die Mischung eine dunkel granatrothe Farbe hat. Wenige Minuten färben, dann in 1 Theil Wasser und 2 Theile Alcohol, darauf rasch durch Nelkenöl in Canadabalsam. Resultat: Myelin gelb, Axencylinder roth, verschiedene Nuancen in den Bestandtheilen des Grau.

C. Die verschiedenen Kernfärbemittel können auch im Centralnervensystem ohne Weiteres angewendet werden, so Hämatoxylin, Alauncarmin u. s. w.

D. Für die Markscheiden besitzen wir in der Weigert'schen Färbung eine exquisit elective Methode. Die Stücke müssen in Kali bichromicum zur völligen Bräune gehärtet sein, dann werden sie in der oben angegebenen Weise in Celloidin gebettet und kommen darauf mit den Korken, denen sie ankleben, in eine Mischung, die aus gleichen Theilen Wasser und einer gesättigten Lösung von Cuprum aceticum neutrale besteht. Da bleiben sie 1—2mal 24 Stunden bei 30—35°, werden dann für einige Zeit in Spiritus gebracht und können nun geschnitten werden. Die Schnitte oder die Objectträger, welche sie tragen, kommen für 2 Stunden in: Hämatoxylin 1,0, Alcohol. absolutus 10,0, Wasser 90,0, Lithium carbon. sol. satur. 1 ccm. Diese Farbe ist erst 24 Stunden nach der Anfertigung in Gebrauch zu nehmen. Stücke von Föten und niederen Vertebraten bleiben am besten 24 Stunden in der Farbe. Die Schnitte werden kohlschwarz und müssen dann in die Differenzirflüssigkeit: Natrium biborac. 2,0, Ferridcyankalium 2,5, Wasser 100,0. Dort wird fast alles entfärbt, was nicht markhaltige Nervenfaser ist. Das Bild wird klar. Wer diese wichtige Methode zum ersten Male ausführt, der beginnt am besten mit einem Rückenmarksschnitt, der nicht dicker als 0,025 mm

sein sollte. Wenn ein solcher Schnitt nach 2stündigem Verweilen in der Hämatoxylinlösung und leichtem Abspülen in Wasser in die Differenzirflüssigkeit kommt, soll er so lange darin liegen, bis man leicht die ganze Figur der grauen Substanz hervortreten sieht; sie muss sich heller von ihrer Umgebung abheben. Embryonale Gewebe oder solche, die von niederen Vertebraten stammen, lässt man besser nach der Färbung in einer um das 10fache mit Wasser verdünnten Differenzirflüssigkeit 12—24 Stunden. Die Flüssigkeit muss dann von Zeit zu Zeit etwas bewegt werden, oder man muss durch Drahtnetz oder Senkrechtstellen der die Schnitte tragenden Objectträger dafür sorgen, dass die verbrauchte Differenzirflüssigkeit in die tieferen Schichten des Gefässes abfliessen kann. Nach gutem Auswaschen in Wasser kann man die Schnitte entwässern und einlegen. Bei nur geringer Vorsicht gelingen solche Präparate immer. Auf gelbem Untergrunde heben sich die tiefschwarzen Nervenbahnen sehr gut ab. Für die Resultate dieses Verfahrens vergleiche man Fig. 129.

Pal hat eine Differenzirung angegeben, bei der man sehr elegante Bilder mit blassgrauem oder gar farblosem Untergrunde erzielen kann. Er bringt die in der erwähnten Hämatoxylinlösung geschwärzten Schnitte zunächst in Wasser, wo sie ausgewaschen werden, und dann legt er jeden Schnitt einzeln in Kalium hypermanganicum 0,5 auf 200,0 Wasser. Man muss hier wohl Acht geben, den Schnitt öfter nachsehen und wird dann in ½—5 Minuten ihn soweit differenzirt finden, dass die Unterschiede zwischen weisser und grauer Substanz vortreten. Nun wird gut in destillirtem Wasser ausgewaschen; die Schnitte kommen dann in eine Flüssigkeit, die man jedes Mal frisch durch Mischen gleicher Theile einer 1proc. Lösung von Natrium sulfurosum mit einer 1proc. Oxalsäurelösung herstellt. Hier sieht man dann den Farbstoff in dünnen Wolken sich entfernen und hat nach 1—2 Minuten ein Präparat mit fast farblosem Untergrunde vor sich. Geht die Entfärbung in der letzten Flüssigkeit noch nicht recht vor sich, so kann man wiederholt in die Kalium hypermang.-Lösung die Schnitte eintauchen und dann wieder zurückbringen. Aufmerksamkeit, Sorgfalt, dass die Differenzirung nicht zu weit getrieben werde, sind erforderlich. Da jeder Schnitt einzeln zu behandeln ist, so eignet sich das Verfahren nicht für Serienschnitte, die nach der oben angegebenen Methode angefertigt sind.

Ein neueres Verfahren von Weigert erspart die Differenzirung ganz, lässt also gleich aus der Hämatoxylinlösung fertige Bilder hervorgehen, Bilder, die an klarem Untergrunde nicht hinter den Pal'schen zurückstehen. Man bringt die auf den Kork mit Celloidin aufgeklebten Stücke von gut braun gehärtetem Material in eine Flüssigkeit, die aus gleichen Theilen einer kalt gesättigten und filtrirten Lösung von Cuprum aceticum neutrale und einer 10proc. Lösung von Seignettesalz in Wasser besteht, für 24 Stunden bei ca. 35° C. Sodann lässt man sie nochmals in der gleichen Wärme 24 Stunden lang auf einer einfachen wässrigen Lösung von neutralem Kupferacetat schwimmen. Die so vorbereiteten Stücke kommen nach leichter Abspülung mit Wasser in 80proc. Alcohol für 1 Stunde etwa und können dann geschnitten werden. Zum Färben halte man sich vorräthig: a) 1,0 Hämatoxylin, in 10 ccm Alcohol gelöst, und b) 7 ccm gesättigte Lösung von Lithion carbonicum, mit 93 ccm Wasser verdünnt. Unmittelbar vor dem Gebrauch mischt man 9 Raumtheile der letztgenannten Lösung mit 1 Theil der Hämatoxylinlösung. Die Schnitte sind nach 5—24 Stunden bis in die allerfeinsten markhaltigen Fäserchen schwarz gefärbt. Das gilt jedoch nur für Schnitte, die nicht dicker als 0,02—0,03 sind, dickere kann man immerhin zweckmässig nachträglich noch durch die oben erwähnte Differenzirflüssigkeit behandeln. Ebenso kann eine nachträgliche Differenzirung da nöthig werden, wo man Celloidinserien angefertigt hat,

die sich nicht primär differenziren. Ein wichtiger Vorzug dieses Verfahrens liegt darin, dass Niederschläge, welche an sehr grossen Hirnstücken bei der älteren Methode der Kupferung zuweilen eintreten und dem Messer gefährlich werden, sich ganz vermeiden lassen. Ob sich die Präparate Jahre lang unverändert halten, wie die nach dem ersten Weigert'schen Verfahren hergestellten, darüber fehlt noch die Erfahrung. Man kann, wie Weigert neuerdings gefunden, noch brillantere Bilder bekommen, wenn man die Schnitte, nachdem sie 2 Stunden in der Farbe gelegen haben, mit Wasser abspült und nochmals neue Farbe aufgiebt.

Das von Bellonci zuerst geübte und von Exner verbesserte Verfahren zur Sichtbarmachung der markhaltigen Nervenfasern durch Behandlung mit Osmiumsäure und nachträgliches Einlegen in Ammoniaklösung ist durch die eben erwähnten Färbungsmethoden verdrängt worden. Es liefert Bilder, die nicht haltbar sind, an Schärfe aber den Hämatoxylinbildern nichts nachgeben.

Erkrankungsherde heben sich bei Markscheidenfärbung dadurch hervor, dass diese Färbung eben da nicht zu Stande kommt, wo ein Zerfall der Scheiden auftritt. Die betreffenden Stellen geben also in der Differenzirungsflüssigkeit die Farbe wieder ab, erscheinen hell.

E. Auf einer Färbung der Zerfallproducte selbst beruht das folgende, von Marchi und Alghieri angegebene Verfahren: Stücke, in denen man zerfallende Markscheiden zu erwarten berechtigt ist, also solche, die von einem Centralorgan stammen, das vor nicht länger als etwa 2 Monaten eine Fasertrennung irgendwo erfahren hat, werden für 8 Tage oder länger in Müllerscher Flüssigkeit gehärtet und dann in möglichst kleine Querschnitte zerlegt. Diese bringt man dann für 5—8 Tage in ein Gemisch von 2 Theilen Müllerscher Flüssigkeit und 1 Theil 1 proc. Ueberosmiumsäure. Dann werden sie gut ausgewaschen und sind schneidereif. Sie vertragen Einbettung in Celloidin. An den leicht gelingenden Präparaten wird man den Weg einer untergehenden Nervenbahn durch schwarzgefärbte Myelinklümpchen auf das Klarste gezeichnet finden. Das übrige normale Gewebe bleibt hellbraun.

Man kann solche Stücke auch noch kupfern und mit Hämatoxylin färben. Das bietet (F. Pick) den Vortheil, dass auch da Degenerationen noch gefunden werden, wo etwa die Zerfallproducte durch langes Bestehen des Krankheitsprocesses schon verschwunden sind.

F. Will man, wie das für normale, aber ganz besonders auch für pathologische Untersuchungen wünschenswerth ist, sich über das Verhalten der Ganglienzellstructur orientiren, so muss möglichst frisches Material in Anwendung kommen. Man legt von dem zu untersuchenden Stücke einige nicht über 1 oder 2 ccm grosse Theile in absoluten Alcohol für 24 Stunden, einige andere kommen in 10 proc. Lösung von Salpetersäure. Die in Alcohol erhärteten Stücke werden mit Gummi auf Korke geklebt, der Gummi durch kurzes Verweilen in Alcohol hart gemacht, und nun kann geschnitten werden. Man färbt mit einer 0,5 proc. Lösung von Methylenblau in Wasser in der Weise, dass die Uhrschale mit den Schnitten so lange über eine Flamme gehalten wird, bis eben leises Knistern von Luftblasen eintritt. Dann wäscht man die überschüssige Farbe aus in 1 Theil Anilinöl zu 10 Theilen eines Alcohols von 96 Proc., trocknet die Schnitte etwas ab und giebt Oleum Origani zu. Dieses wird dann später durch Benzin verdrängt, weil es zweckmässig ist, die Präparate in Benzincolophonium einzuschmelzen. Dort halten sie sich länger unverändert, als in Canadabalsam. Diese ganze von Nissl ausgebildete Methode giebt nur den Zellleib histologisch gut, so wie er in der Figur 12 *A* und *B* dargestellt ist. Für den Zellkern genügt sie nicht. Hier kommen die eigentlichen Kernfixirungsmittel, das Flemming'sche Gemisch, das Sublimat und nach Nissl mit besonderem Nutzen die 10 proc. Salpetersäure

in Anwendung. Die letztere hat den Vorzug, dass man auch den Zellleib mit Methylenblau färben kann, was nach der Fixirung in den anderen Reagentien nicht gelingt. Zur Färbung bedient man sich eines der Kernhämatoxyline. Die Resultate giebt *C* in Fig. 12 wieder.

G. Die besten Bilder vom Verhalten der Zellform und der Zellausläufer, Bilder, wie sie in den Figuren 11, 12 *D*, 18, 49, 109 abgebildet sind, erhält man durch die Metallimprägnationen. Sie sind von Golgi erfunden und gestatten, Ganglienzellen sowohl, als Zellen der Stützsubstanz zu färben. Die Anwendung der Imprägnationen hat, wie in der einleitenden Vorlesung und auch öfter in späteren Vorträgen gezeigt wurde, zu sehr wichtigen Entdeckungen im Bereich der normalen Anatomie der Centralorgane geführt. Es ist aber ausdrücklich hervorzuheben, dass sie zu Trugschlüssen da führen kann, wo man sie bei Untersuchungen im Bereich der pathologischen Anatomie versucht. Denn man erhält erstens nur Zellsilhouetten, und zweitens gelingt es nie, alle Zellen eines Präparates gleichmässig zu schwärzen. Dieses für die Studien im Bereich des Normalen gerade wichtige Verhalten ist da störend, wo es auf Veränderungen von Zellen oder auf den Nachweis vom Ausfall von Zellen ankommt.

Das ältere Golgi'sche Verfahren besteht darin, dass in Müller'scher Flüssigkeit oder in Chromsalzen 1—3 Monate gehärtete Stücke in grosse Mengen Sublimatlösung von 0,5—0,75 Proc. oder in gleich starke Argentum nitricum-Lösungen kommen, die so lange gewechselt werden, bis die Flüssigkeit nicht mehr gelb wird. Nach Wochen, oft auch erst nach Monaten findet man dann in ihnen die prachtvollsten Bilder, die namentlich bei der Sublimatmethode viel freier von Niederschlägen sind, als bei den gleich zu erwähnenden schneller arbeitenden Methoden. Man kann nun die Reaction sehr viel rascher eintreten sehen, wenn die Stücke, nachdem sie 20—30 Tage (oft genügen schon 5 Tage) in der Chromsalzlösung gelegen haben, in eine Mischung gebracht werden, die aus 1 Theil 1 proc. Osmiumsäurelösung und 4 Theilen 3 proc. Kali bichromicum-Lösung besteht. Dort bleiben sie 1—8 Tage und werden dann in die Silberlösung gelegt. Schon nach 24 Stunden hat man meist gute Reductionen in ihnen.

Augenblicklich wird häufiger ein noch rascher wirkendes Verfahren angewendet, welches ebenfalls von Golgi eingeführt ist. Hier bringt man eine Anzahl recht kleiner Stückchen gleich in die Golgi'sche Chromsalz-Osmiumsäuremischung und lässt sie da 1—8 Tage. Dann werden sie in die Silberlösung übertragen, der man zweckmässig 1 Tropfen Ameisensäure pro 100 ccm zusetzt. Wechseln der Lösung ist erforderlich. Man kann vor dem Einbringen in das Silber die Härtungsflüssigkeit mit Wasser oder besser mit bereits gebrauchter Silberlösung etwas abwaschen. Das Verfahren eignet sich ganz besonders für Stücke, welche wenig markhaltige Fasern enthalten, also vorwiegend für embryonales Gehirn und Rückenmark. Ganz junge Embryonen sollen nur 24—36 Stunden in die Härtungsflüssigkeit kommen, ältere etwas länger.

Bei dem Golgi'schen Verfahren sowohl, als bei seiner schnellen Modification muss man von Zeit zu Zeit ein Stückchen aus der Silberlösung nehmen und sich durch einen Schnitt überzeugen, ob schon genügende Reaction eingetreten ist. So kleine Stückchen, wie sie hier in Verwendung kommen, hält man beim Schneiden in einer Art Zange, die aus zwei Stückchen gehärteter Leber gebildet wird, zwischen die man eine entsprechende Rinne eingeschnitten hat.

Häufig findet man die Oberfläche sonst gut gelungener Präparate mit störenden Niederschlägen von Silberkrystallen bedeckt, die sogar sich an vielen Stellen in das Innere erstrecken. Dem kann man vorbeugen, wenn man die

frischen Gewebe vor dem Härten mit Blut bestreicht. In der so künstlich erzeugten peripheren Schicht lagern sich dann die meisten Niederschläge ab.

Zeigen sich nach mehrtägigem Verweilen in dem Silberbade noch immer nicht vollendete Bilder, so mag man versuchen, durch erneutes Einbringen in die Härtungsflüssigkeit für 1—3 Tage bessere Resultate zu bekommen. Diesem zweiten Härten folgt natürlich auch ein zweites Silberbad. Ja man kann zuweilen an schwer gelingenden Stücken, oder wo es auf die möglichste Vollendung ankommt, durch eine dritte Anwendung der beiden Bäder erst zum Ziele kommen. S. Ramon y Cajal.

Die als gut erkannten Stücke werden nun entweder aus freier Hand weiter geschnitten, oder in Celloidin gebettet. Die letztere Einbettung soll soll so rasch als möglich geschehen, etwa in einer Stunde vollendet sein, weil sonst die feinsten Ausläufer leiden. Sie braucht ja auch, da immer sehr dicke Schnitte (0,5—0,10 mm) gemacht werden, nicht sehr vollendet zu sein.

Die gewonnenen Schnitte werden in absolutem Alcohol entwässert und in Terpentinöl durchsichtig gemacht. Dann legt man sie auf ein Deckglas oder eine nicht zu dünne Glimmerplatte, trocknet das Oel gut ab und schmilzt in dicken Canadabalsam oder in Dammarharz ein. Das so erhaltene, die Präparate tragende Deckglas darf nicht, wie es sonst Brauch ist, auf einen Objectträger gelegt werden. Es muss vielmehr der Balsam frei an der Luft bleiben. Deshalb klebt man auf einen Objectträger in passender Entfernung von einander zwei dicke Glasleisten und legt auf diese das Deckglas so, dass das Präparat nach unten an der Luft liegt. So hält es sich lange.

Es ist nicht leicht, durch die Imprägnirungsmethoden immer gute Präparate zu bekommen. Dazu gehört eine reiche Erfahrung. Man beginne seine Versuche mit der Hirnrinde, wo man noch am ersten gute Bilder von den grossen Pyramidenzellen erhält, und schreite erst später zur Untersuchung anderer Gebiete. Sehr lohnend ist auch die Cerebellumrinde. Am leichtesten gelingt, wie schon oben angeführt wurde, embryonales Gewebe.

H. Die von Ehrlich in die Technik eingeführte Färbung der lebenden Axencylinder und Zellen mit Methylenblau ist zumeist erst für die Untersuchung peripherer Nerven und ihrer Endapparate benutzt worden. Es giebt, da auch diese Methode nicht immer sichere Resultate hat, eine sehr grosse Anzahl von Vorschriften für ihre Ausführung. Der Farbstoff ist das Methylenblau rectificatum (Grübler-Leipzig) oder Methylenblau BX der badischen Anilin- und Sodafabrik oder, nach eigenen Erfahrungen, das Methylenblau medicinale (zink- und arsenfrei), welches von den Höchster Farbwerken hergestellt wird und durch Merk in den Handel kommt. Er wird für das periphere Nervensystem nach Dogiel und Riese's Empfehlung am besten in folgender Weise angewendet: In die Vene des lebenden Thieres wird ein grosses Quantum der folgenden Lösung infundirt: Methylenblau 4,0, Kochsalz 0,6, Wasser 100,0. Das Thier stirbt meist während des Versuches oder wird rasch getödtet. Man öffnet schnell und lässt die zu untersuchenden Organe an der Luft liegen. Das zunächst zum weissen Körper reducirte Blau nimmt dann wieder Sauerstoff auf, und es bläuen sich die anfangs farblosen Organe wieder. Unter dem Mikroskop ist dieser Vorgang in dem Gewebe zu verfolgen, welches man studiren will. Sobald eine schöne Bläuung der Axencylinder eingetreten ist, macht man von dem vergänglichen Bilde eine Zeichnung oder versucht die Fixirung. Diese erfolgt, wenn die Stücke für 20 Minuten bis 12 Stunden, je nach der Dicke, in eine kaltgesättigte Lösung von pikrinsaurem Ammoniak kommen. Will man schneiden, so müssen die Stücke entweder rasch gefroren werden, oder man härtet in einer spirituösen Lösung von pikrinsaurem Ammoniak. Die Erfolge im letzteren Falle sind nicht gerade glänzend. Membranen, wie Peritoneum, Blase, Zunge u. s. w. kann man

auch, sobald sie nach der Infusion an der Luft blau geworden sind, in Glycerin und Wasser untersuchen, dem eine Spur des Pikrinsalzes zugesetzt ist.

Retzius hat dieses Verfahren zur Untersuchung des centralen Nervensystems mit gutem Erfolg angewendet. Bei Wirbellosen injicirt er mehrere Spritzen einer 0,2 proc. Lösung einfach in den Körper, wartet einige Minuten und legt dann durch Wegnahme der deckenden Hülle das Nervensystem bloss. Er nimmt immer eine ganze Anzahl Thiere gleichzeitig, bringt sie nach der Eröffnung in eine Schale, die etwas Luftzutritt gestattet und doch die Eintrocknung hindert, und lässt sie da von 1 bis zu 12 Stunden liegen. Nach Ablauf der ersten Stunde beginnt er einzelne Ganglien auszuschneiden und zu untersuchen. Er fährt so fort und findet tastend die Zeit, in welcher die besten Bilder zu Tage treten. Bei Amphioxus und Myxine, den einzigen Vertebraten, die er bisher untersucht hat, wurde der Farbstoff direct auf das blossgelegte Rückenmark gebracht, im Uebrigen aber ähnlich verfahren. Untersucht hat Retzius auch in der oben erwähnten Glycerinlösung. Ich kann nach eigenen Erfahrungen an Wirbellosen diese Methode sehr empfehlen. Resultate vergl. Fig. 17.

I. Die Technik der Weigert'schen Neurogliafärbung ist noch nicht veröffentlicht.

Dieser Uebersicht der erprobten technischen Methoden möge sich ein Verzeichniss derjenigen Präparate anschliessen, deren Anfertigung sich für diejenigen empfiehlt, welche sich mit dem feineren Bau von Gehirn und Rückenmark bekannt machen wollen.

1. Graue Substanz vom frischen Rückenmark des Ochsen. Zerzupfen, Maceriren und nach weiterem Zupfen Färben. Ganglienzellen, Neuroglia, markhaltige Nervenfasern. Ein Stückchen der grauen Substanz wird etwas zerzupft und mit 0,5 proc. Methylenblaulösung auf ein Deckglas gebracht. Ein zweites Deckglas wird sanft aufgedrückt und abgezogen. Man giebt dann auf diese beiden, Substanzpartikel enthaltenden Gläser noch einen Tropfen dünner Methylenblaulösung und lässt an der Luft trocknen. Dann Canadabalsam. Mit diesem von Kronthal angegebenen Verfahren kann man sehr schöne Ganglienzellbilder bekommen.

2. Ganglienzellen der Hirnrinde und aus dem Rückenmarke neugeborener oder fötaler Thiere nach der schnellen oder langsamen Methode von Golgi.

3. Structur der Ganglienzellen an in Alcohol gehärtetem Rückenmark nach Nissl's Methylenblaumethode.

4. Rückenmark vom Neugeborenen oder von Föten jenseits des 7. Monates. Härtung in Müller'scher Flüssigkeit, Markscheidenfärbung nach Weigert. Stücke aus verschiedenen Höhen. Zum Studium der Abgrenzung der einzelnen Stränge und der Zusammensetzung der Wurzeln. Für die letzteren und die Spinalganglien empfehlenswerth die Cauda equina neugeborener Katzen. Kann man solche Thiere bekommen, so vergesse man nie, einzelne Stücke der Golgi-Methode zu reserviren.

5. Normales Rückenmark vom Erwachsenen. Von jeder dritten Wurzelhöhe ein Schnitt. Allgemeiner Ueberblick über das fertige Rückenmark. Figur der grauen Substanz in verschiedenen Höhen.

6. Pathologische Rückenmarke mit Ausfall einzelner Bestandtheile, Tabes, Seitenstrangdegeneration, secundäre Degenerationen.

7. Oblongata und Pons von Früchten aus dem 7.—9. Monate zur allgemeinen Orientirung und besonders zum Studium der Hirnnervenursprünge. Markscheidenfärbung und Urancarmin.

8. Schnitte durch die gleichen Hirntheile vom Erwachsenen, 0,02—0,03 mm dick. Jeder 10te Schnitt zur Färbung aufzuheben. Färbung wie 7.

9. Schnitte durch ein in Müller'scher Flüssigkeit erhärtetes Stück Cerebellum. Färbung der Markscheiden.

10. Cerebellum nach Golgi behandelt. Wenn möglich, embryonales zu verwenden, weil die Bilder sicherer gelingen.

11. Serie von Schnitten durch das Mittelhirn und den Hirnstamm vom Erwachsenen oder vom Neugeborenen. Um namentlich beim Hirnstamm nicht allzu grosse Schnitte machen zu müssen, kann man die eine Hälfte so abschneiden, dass jenseit der Mittellinie immer noch ein Stück übrig ist. Das ist wichtig wegen der Commissuren und Kreuzungen. Markscheidenfärbung. Die Vorbehandlung erfolgt zweckmässig nach dem neueren Weigert'schen Verfahren, weil so grosse Stücke an der Oberfläche leicht beim früheren Verfahren harte Salzablagerungen bekamen. Als Deckglas für so grosse Schnitte nimmt man zweckmässig dünnstes Spiegelglas oder — billiger — Glimmerplatten, die man sich aus einem Stück Glimmer mit dem Wasserstrahl abspalten kann.

12. Hirnrinde. Carminfärbung, Methylenblaufärbung nach Nissl, Markscheidenfärbung, Golgi-Verfahren.

13. Ebenso Bulbus olfactorius. Junge Vögel und kleine Säuger empfohlen.

14. Serie durch das Gehirn eines kleinen Thieres — Kaninchen, Ratte, Affe — vom Rückenmark bis zu dem Stirnlappen. Markscheidenfärbung. Jeder 10te Schnitt mit Urancarmin oder nach van Gieson zu behandeln.

REGISTER.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.

HANDBUCH
der
NEURASTHENIE.

Bearbeitet von
Dr. R. v. HÖSSLIN-Neuwittelsbach, Dr. G. HÜNERFAUTH-Homburg, Dr. J. WILHEIM-Wien, Dr. K. LAHUSEN-München, Dr. F. EGGER-Arosa, Dr. C. SCHÜTZE-Kösen, Dr. E. KOCH-Magdeburg, Dr. F. C. MÜLLER-Alexandersbad und Dr. A. Frhr. von SCHRENCK-NOTZING-München.

Herausgegeben
von
Dr. Carl Franz Müller,
Dir. der Wasserheilanstalt und des Stahlbades Alexandersbad i. F.

gr. 8. 1893. Preis M. 12.—, geb. M. 14.—.

GRUNDRISS
der
Allgemeinen Pathologie

von
Dr. F. V. Birch-Hirschfeld,
ord. Professor der allgem. Pathologie und patholog. Anatomie in Leipzig.

gr. 8. 1892. Preis 6 M., geb. 7 M. 25 Pf.

GRUNDRISS
der
ALLGEMEINEN KLINISCHEN PATHOLOGIE

von
Dr. Ludolf Krehl,
a. o. Prof. und Dir. der med. Poliklinik in Jena.

gr. 8. 1893. Erscheint Anfang October d. J.

DEUTSCHE ZEITSCHRIFT
für
NERVENHEILKUNDE.

Herausgegeben von

Prof. WILH. ERB,
Director der medicin. Klinik in Heidelberg.

Prof. L. LICHTHEIM,
Director der medicin. Klinik in Königsberg.

Prof. FR. SCHULTZE,
Director der medicin. Klinik in Bonn.

Prof. AD. STRÜMPELL,
Director der medicin. Klinik in Erlangen.

ERSTER — VIERTER BAND.

gr. 8. Preis pro Band von 6 Heften: 16 M.

